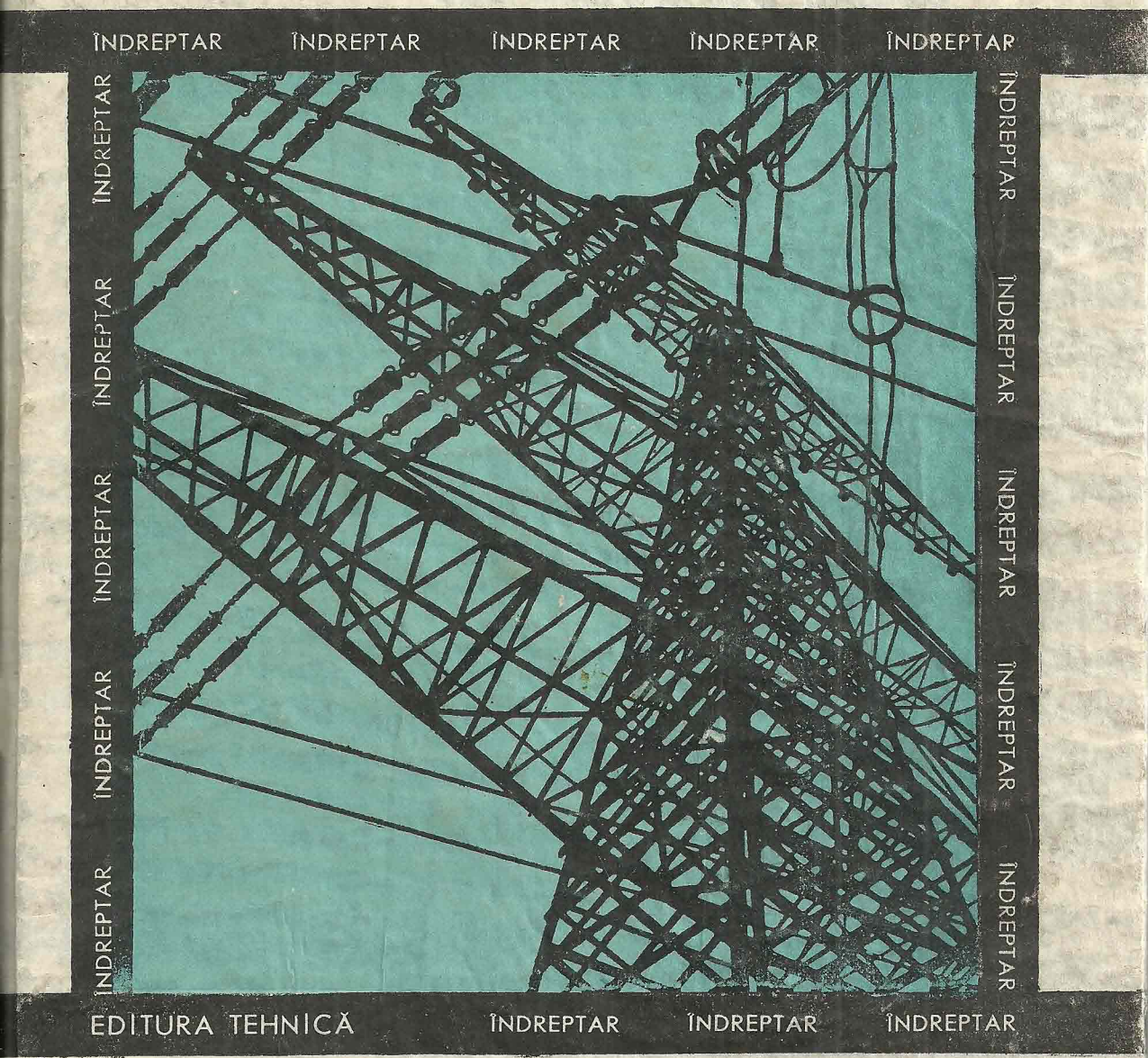
C. Rucăreanu
P. Militaru
V. Hotoboc
V. Chiricescu
V. Prioteasa

LINII ELECTRICE AERIENE ȘI SUBTERANE



ÎN CICLUL „ÎNDREPTARE"

au mai apărut:

C. Răduți, E. Nicolescu
MAȘINI ELECTRICE ROTATIVE

T. Cănescu ș.a.
APARATE ELECTRICE DE JOASĂ TENSIUNE

B. Herșcovici ș.a.
APARATE ELECTRICE DE ÎNALTĂ TENSIUNE

A. Emanoil
PROTECȚIA PRIN RELEE VOL. I ȘI II

ing. Costin Rucăreanu
dr. ing. Paul Militaru
ing. Vasile Hotoboc
ing. Virgil Chiricescu
ing. Virgil Prioteasa

LINII ELECTRICE AERIENE ȘI SUBTERANE

ÎNDREPTAR

Editura tehnică
București – 1989

Contribuția autorilor la elaborarea lucrării este următoarea:
ing. C. Rucăreanu (cap. 1, 3—10, 12—17, 19, Anexă și coordonarea generală
dr. ing. P. Militaru (cap. 2)
ing. V. Hotoboc (cap. 11)
ing. V. Chiricescu, ing. V. Prioteasa (cap. 18)

Redactor: dr. ing. **Ioan Ganea**
Tehnoredactor: **V. E. Ungureanu**
Coperta: **Simona Dumitrescu**

Bun de tipar: 03.12.1989. Coli de tipar: 31,5
C.Z. 621.315
ISBN 973-31-0147-8

Tiparul executat sub comanda nr. 359/1989
la ÎNTREPRINDEREA POLIGRAFICĂ CLUJ
Municipiul Cluj-Napoca, B-dul Lenin nr. 146
Republica Socialistă România

Cuprins

Partea I

Linii electrice aeriene

1. **Probleme cu caracter general** 13

1.1. Definiţii 13
1.2. Clasificări 15
1.3. Semne convenţionale 16
1.3.1. Semne convenţionale generale 16
1.3.2. Semne convenţionale pentru stîlpi 16
1.4. Valori normate pentru tensiuni 17
1.5. Sarcinile mecanice ale LEA 19
1.5.1. Condiţii meteorologice 19
1.5.2. Încărcările normate provenind din acţiunea vîntului 22
1.5.3. Încărcările normate provenind din depunerile de chiciură 23
1.5.4. Încărcările de calcul 23

2. **Calculul electric al liniilor** 25

2.1. Parametrii electrici ai liniilor 25
2.1.1. Rezistenţa electrică 25
2.1.2. Inductanţa de serviciu 26
2.1.3. Capacitatea de serviciu 32
2.2. Calculul pierderilor de tensiune şi de putere 38
2.3. Calculul pierderilor de energie 42

3. **Conductoare active şi de protecţie** 49

3.1. Caracteristicile constructive ale conductoarelor LEA 49
3.1.1. Caracteristici generale 49
3.1.2. Forma conductoarelor 49
3.1.3. Conductoare din aluminiu 51
3.1.4. Conductoare din oţel zincat 51
3.1.5. Conductoare din aluminiu-oţel 52
3.1.6. Conductoare din cupru 56
3.1.7. Conductoare din aliaj de aluminiu 56
3.1.8. Conductoare torsadate 56
3.2. Secţiuni minime admise 57
3.3. Calculul mecanic al conductoarelor 59
3.3.1. Încărcările normate ce acţionează asupra conductoarelor 59
3.3.2. Caracteristicile mecanice ale conductoarelor bimetalice 60
3.3.3. Condiţiile de dimensionare ale conductoarelor 60
3.3.4. Deschideri critice 61
3.3.5. Tracţiunea orizontală în conductor 63
3.3.6. Temperatura critică 63
3.3.7. Săgeata conductorului 63
3.3.8. Lungimea conductorului 65
3.4. Încălzirea conductoarelor 65

4. **Izolatoare** 67
4.1. Definiţii 67
4.2. Clasificări 68
4.3. Materiale pentru izolatoare 69
4.3.1. Porţelanul 69
4.3.2. Sticla călită 70
4.4. Izolatoare pentru LEA de joasă tensiune 70
4.4.1. Izolatoare de susţinere tip N din porţelan 70
4.4.2. Izolatoare de tracţiune tip T şi D din porţelan 71
4.4.3. Izolatoare pentru siguranţe tip Sig 72
4.4.4. Izolatoare pentru ancore tip A 72
4.5. Izolatoare pentru LEA de medie şi înaltă tensiune 73
4.5.1. Izolatoare de medie tensiune 10 şi 20 kV tip suport 73
4.5.2. Izolatoare suport tip Δ(delta) de 35 kV 75
4.5.3. Izolatoare nestrăpungibile de suspensie ITfs tip tijă 20 kV 75
4.5.4. Izolatoare nestrăpungibile de suspensie cu linie lungă de fugă (tip tijă), fabricaţie R.D.G. 76
4.5.5. Izolatoare de suspensie tip capă-tijă din porţelan 77
4.5.6. Izolatoare de suspensie tip capă-tijă din sticlă călită 78
4.6. Lanţuri de izolatoare 80
4.6.1. Consideraţii generale 80
4.6.2. Lanţuri de izolatoare tipizate 81
4.7. Alegerea izolatoarelor 92
4.7.1. Condiţii mecanice 92
4.7.2. Condiţii electrice 92
4.7.3. Alte condiţii tehnice cerute izolatoarelor 97
4.7.4. Dimensionarea lanţurilor de izolatoare 98
4.8. Încercarea izolatoarelor 98
4.8.1. Verificări de tip 98
4.8.2. Verificări de lot 99
4.8.3. Verificări individuale 104
4.9. Marcarea, ambalarea şi livrarea izolatoarelor 104

5. **Cleme şi armături** 105

5.1. Definiţii. Probleme cu caracter general 105
5.2. Armături pentru fixarea lanţurilor de izolatoare 106
5.2.1. Armătură tip A 106
5.2.2. Cîrlig scoabă tip CS 108
5.2.3. Cîrlig de susţinre îmbunătăţit din platbandă tip CSp-4A 108
5.2.4. Cîrlig de articulaţie tip CAL 109
5.2.5. Cîrlig tip D 110
5.2.6. Cîrlig de articulaţie HV-16 111
5.3. Armături de legătură intermediară 111
5.3.1. Piese de distanţare din platbandă tip Pd 111
5.3.2. Piese de distanţare forjată (aplatizată) tip Pd 112
5.3.3. Ochi dublu răsucit tip Od 113
5.3.4. Ochi de suspensie dublu cu gaură alungită tip OD a 113
5.3.5. Piesă de distanţare furcă tip Pdf 114
5.3.6. Furcă cu ochi răsucit tip FOR 115
5.4. Ochiuri pentru fixarea izolatoarelor 116
5.4.1. Ochi de suspensie simplu tip OSs 116
5.4.2. Ochi de suspensie drept tip OSdr 116
5.4.3. Ochi de suspensie răsucit tip OSr 117
5.4.4. Ochi de suspensie simplu cu gaură alungită tip OSSa 118
5.5. Armături pentru lanţuri multiple sau conductoare multiple pe fază 119
5.5.1. Jug simplu tip Js 119
5.5.2. Jug dublu tip Jd 120
5.6. Nuci de suspensie 121
5.6.1. Nucă scurtă cu ochi drept tip NSs 121
5.6.2. Nucă cu ochi drept tip NSV 121
5.6.3. Nucă cu ochi răsucit tip NORV 122

5.7. Cleme pentru fixarea conductoarelor active și de protecție 123
5.7.1. Clemă de susținere oscilantă fără declanșare tip SOL 123
5.7.2. Cleme de susținere oscilantă fără declanșare tip SOF și SOFA pentru conductorul de protecție 124
5.7.3. Clemă de susținere a conductorului de protecție tip CSP 125
5.7.4. Clemă de susțiuere cu tracțiune limitată tip STIL 125
5.7.5. Clemă de susținere din aliaj de aluminiu tip CSA 126
5.7.6. Clemă de tracțiune (întindere) prin presare pentru conductor de protecție din oțel tip TPT 126
5.7.7. Clemă de tracțiune prin presare cu derivație tip TPD pentru conductoare din aluminiu-oțel 126
5.7.8. Clemă de tracțiune prin presare cu placă de derivație frontală tip TPDf pentru conductoare de oțel-aluminiu și de aliaj de aluminiu . . 129
5.7.9. Papuci de racord la clema de tracțiune 129
5.8. Armături de protecție împotriva supratensiunilor 131
5.8.1. Corn simplu de protecție tip CS 131
5.8.2. Corn dublu de protecție tip CD 132
5.8.3. Armături de protecție inelare, cu sferă și fără sferă 132
5.9. Alte cleme și armături pentru linii de înaltă și medie tensiune 133
5.9.1. Amortizor de vibrații tip AVb pentru LEA 110—400 kV 133
5.9.2. Bretea amortizoare pentru LEA 110—400 kV 134
5.9.3. Contragreutăți 134
5.9.4. Distanțier oscilant pentru două conductoare tip DO-2 136
5.9.5. Baliză de semnalizare de zi tip BS pentru LEA 138
5.9.6. Clemă de înnădire prin presare dip IP pentru conductoare din oțel-aluminiu și aliaj de aluminiu 139
5.9.7. Manșon de reparare tip MR pentru conductoare din oțel-aluminiu și aliaj de aluminiu 140
5.9.8. Agrafă de siguranță tip W 141
5.9.9. Agrafă de siguranță tip V 141
5.9.10. Dispozitiv antipasăre 142
5.9.11. Placă de legare a conductorului de protecție la stîlp tip CP 142
5.9.12. Clemă pentru legarea prizelor de pămînt la picioarele de fundație 143
5.9.13. Clemă de legătură electrică din fontă cu plăci de contact din aluminiu tip LEPC 143
5.9.14. Clemă de legătură electrică din aluminiu tip CLEAL 144
5.10. Clemă, armături și suporți pentru linii de medie și joasă tensiune. . . . 144
5.10.1. Clemă de legătură electrică și mecanică cu șuruburi sau cu nituri . 144
5.10.2. Clemă cu crestături 145
5.10.3. Clemă uuiversală 146
5.10.4. Papuc de aluminiu presat pentru racorduri din oțel-aluminiu tip PTAM 146
5.10.5. Clemă de tracțiune tip potcoviță cu furcă-CPTF 146
5.10.6. Clemă de alunecare tip CA. 147
5.10.7. Clemă de blocare tip CB. 148
5.11. Cleme și armături pentru conductoare torsadate 149
5.11.1. Armătură de susținere, simbol AS-400 149
5.11.2. Armătură de susținere în colț, simbol AC-400 149
5.11.3. Clemă de întindere rețea, simbol CIR-750 151

6. Stîlpii liniilor electrice aeriene 152

6.1. Generalități 152
6.2. Stîlpi metalici 153
6.2.1. Stîlpi metalici sudați pentru LEA 110 kV simplu circuit 156
6.2.2. Stîlpi metalici bulonați pentru LEA 110 kV dublu circuit 156
6.2.3. Stîlpi metalici sudați-bulonați pentru LEA 220 kV dublu circuit . . 156
6.2.4. Stîlpi metalici portali ancorați (tip PAS) pentru LEA 400 kV simplu circuit 156
6.2.5. Stîlpi metalici tip Y pentru LEA 400 kV simplu circuit 165
6.2.6. Stîlpi metalici pentru LEA 20 kV dublu circuit 169

6.3. Stîlpi din beton armat 171
6.3.1. Generalităţi 171
6.3.2. Stîlpi din beton armat centrifugat pentru LEA 110 kV 171
6.3.3. Stîlpi din beton armat centrifugat pentru LEA de medie şi joasă tensiune 172
6.3.4. Stîlpi din beton armat vibrat pentru LEA de medie şi joasă tensiune 174
6.4. Coronamente şi console pentru LEA de medie tensiune 174
6.4.1. Coronament orizontal 174
6.4.2. Coronament deformabil 177
6.4.3. Coronament dezaxat 178
6.4.4. Coronament elastic 178
6.4.5. Consolă pentru derivaţie 179
6.5. Coronamente, console şi suporţi pentru LEA de joasă tensiune 181
6.5.1. Consolă orizontală pentru două izolatoare 182
6.5.2. Consolă orizontală pentru patru izolatoare 182
6.5.3. Brăţări pentru stîlpi de beton 184
6.5.4. Suport drept pentru izolatoare de joasă tensiune tip N 87 şi N 97 184
6.5.5. Suporţi curbi pentru izolatoare de joasă tensiune tip N 87 şi N 97 185
6.5.6. Suport pentru izolatoare de tracţiune de joasă tensiune 186
6.5.7. Consolă de susţinere CS 300 pentru conductoare torsadate 186
6.5.8. Consolă de susţinere cu brăţară CSB 300 pentru conductoare torsadate 187
6.5.9. Ansamblu de prindere pe stîlp AU 750 188
6.6. Ancore pentru stîlpi de medie şi joasă tensiune 188
6.7. Elemente privind calculul stîlpilor 188
6.7.1. Distanţe minime admisibile 188
6.7.2. Ipotezele de dimensionare a stîlpilor 193
6.7.3. Verificarea rezistenţei barelor stîlpilor 198
6.7.4. Şuruburi şi suduri pentru stîlpii metalici 200

7. Fundaţiile liniilor electrice aeriene 203

7.1. Generalităţi. Clasificări 203
7.2. Terenuri de fundare 205
7.3. Betonul pentru fundaţii 207
7.4. Fundaţii tipizate pentru LEA de medie şi înaltă tensiune 209
7.5. Elemente pentru calculul fundaţiilor 219

8. Instalaţii de legare la pămînt 222

8.1. Generalităţi 222
8.2. Rezistivitatea solului 223
8.3. Rezistenţa prizei. Distribuţia potenţialelor în jurul prizei 224
8.4. Calculul rezistenţei de dispersie a prizei 228
8.5. Verificarea prizelor la stabilitate termică 229
8.6. Prize de pămînt naturale 230
8.7. Prize de pămînt artificiale 231

9. Traversări şi apropieri 235

9.1. Traversări şi apropieri de căi ferate 235
9.2. Traversări şi apropieri de drumuri 239
9.3. Traversări, apropieri şi încrucişări între linii electrice aeriene 241
9.4. LEA cu tensiuni peste şi sub 1 kV pe stîlpi comuni 242
9.5. Încrucişări şi apropieri faţă de linii de telecomunicaţii 242
9.6. Încrucişări şi apropieri faţă de linii de tramvai şi troleibuze 245
9.7. Încrucişări şi apropieri faţă de linii de energie electrică în cablu 245
9.8. Traversări şi apropieri faţă de conducte supraternare cu fluide necombustibile 246
9.9. Traversări şi apropieri faţă de conducte supraterane cu fluide sau gaze combustibile 247
9.10. Încrucişări şi apropieri faţă de mijloace de transport pe cablu suspendat 247
9.11. Traversări şi apropieri faţă de benzi transportoare 249

9.12. Traversări şi apropieri faţă de conducte subterane 249
9.13. Traversări şi apropieri faţă de depozite, clădiri şi instalaţii cu pericol de incendiu sau de explozie 249
9.14. Trecerea LEA cu Un > 1 kV prin zone cu circulaţie frecventă 249
9.15. Trecerea prin zone cu culturi pe spaliere metalice şi peste îngrădiri metalice 250
9.16. Traversări şi apropieri de clădiri ale LEA cu Un > 1 kV 252
9.17. Traversări şi apropieri de clădiri ale LEA cu Un ⩽ 1 kV 252
9.18. Traversări şi apropieri faţă de poduri, diguri şi baraje 254
9.19. Traversări şi apropieri faţă de ape şi cursuri de ape 254
9.20. Alte traversări 257

10. Iluminatul public 258

10.1. Generalităţi. Definiţii 258
10.2. Surse de lumină 259
10.2.1. Lămpi cu incandescenţă 260
10.2.2. Lămpi fluorescente 260
10.2.3. Lămpi cu descărcări în vapori de mercur de înaltă presiune cu balon fluorescent 261
10.2.4. Lămpi cu vapori de sodiu de înaltă presiune 262
10.3. Corpuri de iluminat 263
10.4. Stîlpi 272
10.5. Puncte de aprindere 273
10.6. Date de bază pentru calculul iluminatului public 274

11. Execuţia liniilor electrice aeriene 278

11.1. Generalităţi 278
11.1.1. Domeniul de aplicare 278
11.1.2. Organizarea şantierului 279
11.1.3. Pregătirea lucrării 279
11.1.4. Executarea lucrărilor 280
11.1.5. Măsuri de tehnica securităţii muncii la executarea lucrărilor tehnologice 280
11.1.6. Asigurarea calităţii lucrărilor 280
11.2. Execuţia fundaţiilor 281
11.2.1. Generalităţi 281
11.2.2. Verificări topometrice 281
11.2.3. Amenajarea terenului şi a platformelor de lucru 282
11.2.4. Protecţia eventualelor instalaţii sau construcţii învecinate, cît şi a celor subterane 282
11.2.5. Trasarea gropilor de fundare 282
11.2.6. Săparea gropilor 284
11.2.7. Executarea radierelor, armarea şi cofrarea fundaţiilor 289
11.2.8. Prepararea şi turnarea betonului 292
11.2.9. Decofrarea şi executarea umpluturilor 294
11.2.10. Împrăştierea pămîntului 294
11.2.11. Executarea fundaţiilor pe timp friguros 295
11.2.12. Montarea prefabricatelor 295
11.2.13. Executarea fundaţiilor burate 299
11.2.14. Execuţia instalaţiilor de legare la pămînt a LEA 300
11.3. Montarea stîlpilor LEA 302
11.3.1. Generalităţi 302
11.3.2. Încărcarea, descărcarea, transportul şi manipularea stîlpilor 303
11.3.3. Asamblarea stîlpilor 304
11.3.4. Ridicarea stîlpilor 308
11.3.5. Protecţia anticorozivă a stîlpilor metalici şi a confecţiilor metalice ale LEA 318
11.4. Montarea conductoarelor LEA 320
11.4.1. Generalităţi 320
11.4.2. Echiparea liniilor electrice aeriene 321
11.4.3. Procesul tehnologic 322

11.4.3.1. Lucrări pregătitoare 322
11.4.3.2. Asamblarea lanţurilor de izolatoare 323
11.4.3.3. Desfăşurarea conductoarelor 323
11.4.3.4. Ridicarea lanţurilor pe stîlpi şi a conductoarelor pe role . . . 329
11.4.3.5. Înnădirea conductoarelor şi montarea clemelor de tracţiune . . 329
11.4.3.6. Tragerea la săgeată şi fixarea la stîlpii de întindere a conductoarelor 331
11.4.3.7. Montarea clemelor de susţinere 332
11.4.3.8. Montarea distanţierelor, antivibratoarelor şi executarea coordoanelor 332
11.4.3.9. Montarea contragreutăţilor şi balizelor 333

Partea II-a

LINII ELECTRICE SUBTERANE

12. Probleme cu caracter general 334

12.1. Clasificarea cablurilor 335
12.2. Simbolizare 336
12.3. Elementele componente ale cablurilor 337
12.3.1. Conductoarele 337
12.3.2. Izolaţia 339
12.3.3. Ecranul 339
12.3.4. Învelişul cablului 340
12.4. Caracteristicile electrice ale cablurilor 340
12.4.1. Rezistenţa electrică 340
12.4.2. Inductanţa şi reactanţa 341
12.4.3. Capacitatea de serviciu 342
12.4.4. Conductanţa laterală 342
12.4.5. Tensiunea nominală 342
12.4.6. Rigiditatea dielectrică 343
12.4.7. Căderea de tensiune în cabluri 343
12.5. Condiţii de rezistenţă mecanică a cablurilor 344
12.5.1. Secţiuni minime ale conductoarelor 344
12.5.2. Rezistenţa mecanică a cablurilor 346
12.5.3. Eforturi mecanice în caz de scurtcircuit 346

13. Tipuri constructive de cabluri 347

13.1. Cabluri de energie cu izolaţie de hîrtie impregnată, în manta de plumb 347
13.1.1. Construcţia 347
13.1.2. Notarea şi identificarea 353
13.1.3. Tipuri constructive şi utilizarea lor 354
13.2. Cabluri de energie cu izolaţie şi manta de PVC 354
13.2.1. Construcţia 356
13.2.2. Notarea şi identificarea 359
13.2.3. Tipuri constructive şi utilizarea lor 362
13.3. Cabluri de energie cu izolaţie de PVC, în manta de plumb 362
13.3.1. Construcţia 362
13.3.2. Notarea şi identificarea 364
13.3.3. Tipuri constructive şi utilizarea lor 364
13.4. Cabluri cu izolaţie de polietilenă termoplastică 364
13.4.1. Construcţia 366
13.4.2. Notarea 366
13.5. Alte tipuri de cabluri pentru tensiuni înalte şi foarte înalte 367
13.5.1. Cabluri cu ulei sub presiune 367
13.5.2. Cabluri izolate cu gaz sub presiune 369
13.5.3. Cabluri cu temperaturi joase (criocabluri) 369

14. Încărcări admisibile ale cablurilor 370

15. Manşoane şi cleme de legătură şi de derivaţie. Cutii de distribuţie 383

15.1. Manşoane de legătură pentru cabluri de energie 383
15.1.1. Manşoane din fontă 383
15.1.2. Manşoane de plumb 386
15.1.3. Manşoane de legătură pentru cabluri cu ulei sub presiune 388
15.1.4. Manşoane de derivaţie 390
15.2. Cutii de distribuţie subterane 391
15.3. Cleme de legătură 393
15.3.1. Cleme de legătură CLP 393
15.3.2. Cleme de legătură cu reducere CLR 395
15.3.3. Mufe îmbunătăţite tip MPTAm 395
15.4. Cleme de derivaţie 397
15.4.1. Cleme de derivaţie CLD 397
15.4.2. Cleme de derivaţie demontabile (cu gheară) CTD 399
15.4.3. Cleme de derivaţie prin lipire cu legătură demontabilă 400
15.4.4. Mufă de derivaţie cu strîngere prin şurub MDSTA 400

16. Cutii terminale. Papuci 402

16.1. Cutii terminale de interior şi exterior pentru cabluri de energie 402
16.1.1. Cutii terminale tronconice de interior din fontă, pentru cabluri pînă la 10 kV (STAS 2876-78) 402
16.1.2. Cutii terminale cilindrice de interior, pentru cabluri armate pînă la 1 kV 405
16.1.3. Cutii terminale de exterior, pentru montaj pe stîlpi 405
16.1.4. Cutii terminale de interior din plumb, pentru cabluri pînă la 20 kV 407
16.1.5. Cutii terminale din fontă, pentru cabluri cu tensiuni de la 10 la 35 kV 412
16.1.6. Cutii terminale pentru cabluri de înaltă tensiune cu ulei sub presiune 412
16.2. Papuci de cablu 416
16.2.1. Papuci ştanţaţi 416
16.2.2. Papuci presaţi sau turnaţi 418
16.2.3. Papuci din aluminiu cu strîngere mecanică 419
16.2.4. Papuci îmbunătăţiţi tip PTAm 420

17. Accesorii 421

17.1. Mase izolante bituminoase 421
17.2. Masă izolantă nebituminoasă 422
17.3. Răşini sintetice 422
17.4. Tuburi termocontractibile 422
17.5. Benzi termocontractibile 423
17.6. Pălării termocontractibile 423
17.7. Aliaje de lipit 424
17.8. Aliaje de metalizare 425
17.9. Tuburi şi blocuri de beton pentru traversări 425
17.10. Tambure de lemn 426
17.11. Fişii de plumb 427

18. Montarea liniilor electrice subterane 429

18.1. Pozarea cablurilor 429
18.1.1. Organizarea şantierului 429
18.1.2. Depozitarea, conservarea, transportul şi manipularea tamburelor de cablu 431
18.1.3. Reguli şi prescripţii privind pozarea cablurilor 432
18.1.4. Etapele de execuţie a lucrărilor 436
18.1.4.1. Predarea-preluarea traseului 436
18.1.4.2. Desfacerea pavajelor 437
18.1.4.3. Executarea subtraversărilor 438
18.1.4.4. Executarea şanţurilor 440
18.1.4.5. Pozarea cablurilor 442
18.1.4.6. Lucrări finale 444

18.1.5. Calculul forțelor de tragere la pozarea mecanizată a cablurilor . . . 446
18.1.6. Pozarea cablurilor pe timp friguros 451
18.1.7. Montarea cablurilor în aer 453
18.1.8. Măsuri speciale la pozarea cablurilor de 110—400 kV 453
18.2. Îmbinarea conductoarelor 455
18.2.1. Generalități 455
18.2.2. Îmbinarea conductoarelor prin lipire 455
18.2.3. Îmbinarea conductoarelor prin presare la rece 456
18.2.4. Îmbinarea mecanică a conductoarelor 457
18.2.5. Îmbinarea conductoarelor prin sudare 457
18.3. Montarea manșoanelor de legătură și de derivație 458
18.3.1. Montarea manșoanelor pentru cabluri cu izolație de hîrtie și manta de plumb 459
18.3.1.1. Manșoane de legătură la cabluri de 1 kV cu izolație de hîrtie 459
18.3.1.2. Manșaone de derivație la cabluri de 1 kV cu izolație de hîrtie 461
18.3.1.3. Manșoane la cabluri de 6—10 kV cu izolație de hîrtie 462
18.3.1.4. Manșoane la cabluri de 20—35 kV cu izolație de hîrtie . . . 462
18.3.2. Montarea manșoanelor pentru cabluri cu izolație uscată 464
18.3.2.1. Manșoane la cabluri de 1 kV cu izolație uscată 464
18.3.2.2. Manșoane la cabluri de 6—10 kV cu izolație uscată 469
18.3.2.3. Manșoane la cabluri de 20 kV cu izolație uscată 471
18.3.2.4. Manșoane la cabluri de 110 kV cu izolație uscată 472
18.3.3. Montarea manșoanelor pentru cabluri cu circulație de ulei de 110—400 kV 473
18.3.4. Montarea manșoanelor mixte de 6—20 kV 474
18.4. Montarea cutiilor (capetelor) terminale 476
18.4.1. Montarea cutiilor terminale la cabluri cu izolație de hîrtie și manta de plumb 476
18.4.2. Montarea capetelor terminale la cabluri cu izolație uscată 482
18.4.3. Montarea cutiilor terminale la cabluri cu circulație de ulei de 110—400 kV 490

19. **Încercările cablurilor** 491

19.1. Încercări în fabrică 491
19.2. Încercări la punerea în funcțiune și în exploatare 492
19.2.1. Verificarea continuității și identificarea fazelor 492
19.2.2. Măsurarea rezistenței de izolație 492
19.2.3. Determinarea coeficientului de absorbție și a indicelui de polarizare 493
19.2.4. Încercarea izolației 493
19.2.5. Încercarea mantalei din PVC sau PE 494
19.2.6. Măsurarea rezistenței ohmice a conductoarelor și a ecranelor 494
19.2.7. Măsurarea unghiului de pierderi dielectrice 494
19.2.8. Încercări specifice pentru cabluri de 110—400 kV 495
19.3. Aparate și instalații pentru încercarea cablurilor 495
19.3.1. Laborator mobil pentru încercări cu tensiune mărită (70 kV) — LM-3 495
19.3.2. Aparat pentru testat cabluri CABLOTEST 496
19.3.3. Trusă pentru încercarea cablurilor — TIC 497
19.3.4. Generatoare de semnale pentru cabluri 497
19.3.5. Generator de impulsuri pentru detectarea defectelor în cabluri prin metoda acustică — GIDC 498
19.3.6. Receptor de semnale pentru cabluri RS—0,1 498

ANEXĂ Standarde și prescripții referitoare la cabluri și linii electrice aeriene și subterane 499

PARTEA I

LINII ELECTRICE AERIENE

1. PROBLEME CU CARACTER GENERAL

1.1. Definiții

● *Linia aeriană de energie electrică (LEA)* este o instalație montată în aer liber, compusă din conductoare, izolatoare, cleme, armături, stîlpi, fundații și instalații de legare la pămînt, care servește la transportul sau distribuția energiei electrice.

● *Linia subterană de energie electrică (LES)* este linia montată fie, direct în sol, fie în canale sau tuneluri.

● *Circuitul unei LEA* se numește ansamblul de conductoare active, care constituie o cale independentă de vehiculare a energiei electrice.

● *Echipamentul LEA* este ansamblul format din conductoare, izolatoare, cleme și armături, montate pe stîlpii *LEA*.

● *Părțile de construcții ale LEA* sînt elementele care susțin deasupra solului echipamentul *LEA* și anume: stîlpii, fundațiile, ancorele, consolele, alte construcții speciale.

● *Coronamentul LEA* reprezintă partea superioară a stîlpului, care asigură dispoziția spațială a conductoarelor.

● *Ancorele* sînt elemente constructive de consolidare a stîlpilor pe anumite direcții, pentru prelucrarea eforturilor datorită tracțiunilor din conductoare, în condiții normale sau de avarie.

● *Instalația de legare la pămînt* este ansamblul de conductoare, electrozi și alte piese, prin care se realizează legătura la pămînt a unor elemente ale *LEA*, care în mod normal nu sînt sub tensiune, dar care pot ajunge accidental sub tensiune.

● *Rețeaua electrică* este un ansamblu de linii și stații conectate între ele, eventual interconectate cu alte rețele.

● *Rețeaua de transort* este instalația care servește la transmiterea masivă de energie electrică, în general la mare distanță.

● *Rețeaua de distribuție* este instalația care servește la transmiterea de energie electrică de la o centrală electrică sau din nodurile unei rețele de transport, pînă la instalațiile consumatorului.

● *Linia de transport* este linia electrică, care face parte dintr-o rețea de transport.

● *Linia de distribuție* este linia care face parte dintr-o rețea de distribuție.

● *Derivația* este o linie electrică de importanță secundară, racordată cu un singur capăt la o altă linie.

● *Artera* este o linie electrică, care nu comportă nici o derivație.

● *Branșamentul electric* este partea din rețeaua de distribuție a energiei electrice cuprinsă între linia de distribuție și bornele de ieșire ale contorului de deconectare a energiei electrice de la abonat.

● *Rețeaua torsadată* este instalația electrică de joasă tensiune, care se execută cu fascicule compuse din două sau mai multe conductoare izolate și răsucite între ele (torsadate). Rețeaua torsadată se numește pozată, dacă fasciculul se montează astfel, încît în el să nu apară eforturi de tracțiune voite și întinsă, dacă fasciculul se întinde între punctele de susținere cu tracțiune în cablul purtător.

● *Linia radială* este linia electrică alimentată de la o singură extremitate.

● *Rețeaua radială* este rețeaua electrică compusă din linii radiale racordate la aceeași sursă.

● *Rețeaua buclată* este rețeaua electrică compusă din bucle, toate sau o parte a acestora fiind conectate la surse de alimentare diferite.

● *Tensiunea nominală* (U_n) a unei linii sau a unei rețele este tensiunea între faze pentru care a fost dimensionată și după care se denumește linia sau rețeaua.

● *Tensiunea de serviciu a rețelei* (U_s) este tensiunea între două faze ale rețelei într-un anumit punct și la un moment dat.

● *Tensiunea maximă de serviciu* este tensiunea între faze, maximă, pentru care a fost dimensionată linia.

● *Tensiunea maximă pentru echipament* (U_{ME}) este valoarea cea mai mare a tensiunii pentru care este proiectat echipamentul ce urmează a fi racordat la rețea în ceea ce privește izolația precum și alte caracteristici.

● *Rezistența mecanică normată* și sarcina mecanică normată sînt valorile acelor mărimi, care se realizează cu o probabilitate mai mare de 95%. Aceste valori se stabilesc pe bază statistică.

● *Rezistența mecanică de calcul* și sarcina mecanică de calcul sînt valorile rezistenței mecanice normate, respectiv ale sarcinii mecanice normate, împărțite printr-un coeficient de siguranță al materialului sau elementului constructiv respectiv. Aceste valori se realizează cu o asigurare de cel puțin 99,9%.

● *Încărcările normate* sînt valori extreme ale încărcărilor (maxime sau minime probabile) definite statistic, realizabile cu o probabilitate de 95—97,5%.

● *Încărcările de calcul* sînt valori extreme ale încărcărilor, care se realizează cu o asigurare de cel puțin 99,9% și care se determină prin înmulțirea încărcărilor normate cu un coeficient de supraîncărcare și cu unul de grupare a încărcărilor.

● *Incidentul* este evenimentul sau succesiunea de evenimente, care duce la un moment dat la modificarea stării anterioare de funcționare a unei instalații sau a unui obiect, cu consecințe nedorite asupra funcționării acestora, indiferent dacă au afectat sau nu consumatorii.

● *Avaria* este un incident de amploare sau o succesiune de incidente, care au loc la un moment dat într-un obiectiv, într-o zonă din sistem sau în sistemul energetic luat în ansamblu și care are drept consecință deteriorări de echipamente importante sau întreruperi în alimentare cu energie electrică a unor platforme industriale sau a unor zone de consum.

● *Deranjamentul* este defecțiunea în rețeaua publică de distribuție sub 1 kV, care conduce la întreruperea consumatorilor alimentați din această rețea.

● *Cazurile excepționale sau obligate* sînt acele cazuri în care, din considerente tehnico-economice evidente, nu se pot respecta prevederile regulamentelor.

● *Poluarea atmosferică* este starea aerului impurificat cu substanțe (gaze, praf, etc.) care, în condițiile de exploatare, pot da naștere unui mediu conducător electric la suprafața izolației.

1.2. Clasificări

După tensiunea nominală pentru care au fost construite, liniile aeriene se împart în:

— linii de joasă tensiune (*jt*) cu tensiunea nominală pînă la 1 kV;

— liniile de medie tensiune (*mt*) cu tensiunea nominală peste 1 kV, dar mai mică de 52 kV;

— linii de înaltă tensiune (*înt*) cu tensiunea nominală de minimum 52 kV, dar mai mică de 300 kV;

— linii de foarte înaltă tensiune cu tensiunea nominală de la 300 kV în sus.

Din punct de vedere al sistemului de transmisie a energiei liniile pot fi: monofazate; bifazate; trifazate; trifazate cu nul.

După numărul de circuite, liniile pot fi cu unul, două sau mai multe circuite.

După elementele constructive se pot deosebi:

— *LEA* pe stîlpi de lemn;
— *LEA* pe stîlpi de beton;
— *LEA* pe stîlpi metalici;
— *LEA* cu izolatoare rigide;
— *LEA* cu izolatoare lanț.

După funcțiunea lor în cadrul sistemelor energetice se deosebesc: linii de transport; linii de distribuție (definite la pct. 1.1).

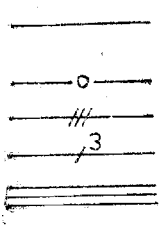
Din punct de vedere al consumatorilor pe care îi alimentează, liniile se pot împărți în:

— linii ce alimentează mari consumatori, care absorb din rețeaua furnizorului minimum 50 kW în joasă tensiune sau 50 kVA în medie sau înaltă tensiune;

— linii ce alimentează mici consumatori, care absorb din rețeaua furnizorului puteri sub limitele de mai sus.

1.3. Semne convenționale

1.3.1. Semne convenționale generale (STAS 11381/3-84)



Linie sau cablu semn general.

Linie aeriană.

Reprezentarea unei linii cu 3 conductoare.

Indicații suplimentare ce se pot da:

— *deasura liniei:* natura curentului, sistemul de distribuție, frecvența și tensiunea;

— *sub linie:* numărul de conductoare, secțiunea lor și materialul conductoarelor.

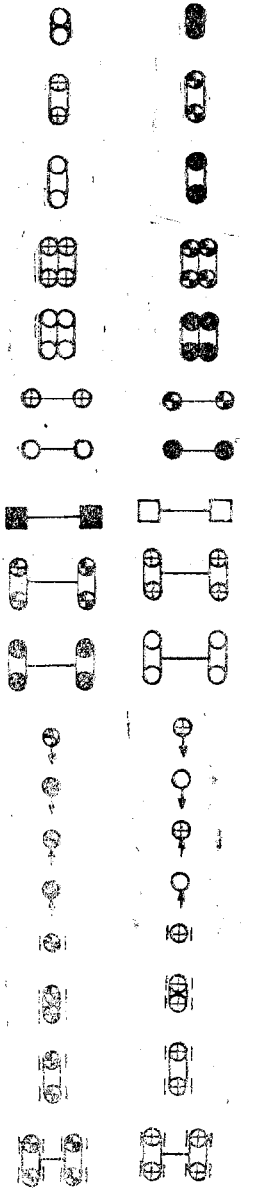
Exemplu:

$\frac{\sim 50\ \text{Hz},\ 220\ \text{V}}{2 \times 50\ \text{mm}^2\ \text{Cu}}$ — circuit bifazat de curent alternativ 50 Hz, 220 V, 2 conductoare de cupru 50 mm².

$\frac{\sim 50\ \text{Hz},\ 380/220\ \text{V}}{3 \times 120 + 50\ \text{mm}^2\ \text{Al}}$ — circuit trifazat de curent alternativ 50 Hz, cu fir neutru, 380/220 V, 3 conductoare de 120 mm² și unul de 50 mm² de aluminiu.

1.3.2. Semne convenționale pentru stîlpi (STAS 1590/3-71)

Existent	Proiectat	
⊕	◒	Stîlp simplu de susținere de lemn
○	●	Idem, din beton.
⊖	◒	Idem, din țeavă metalică.
□	■	Idem, din profile laminate.
⊕	◒	Stîlp simplu de întindere, de colț sau terminal de lemn.
◎	◉	Idem, din beton.
⊖	◒	Idem, din țeavă metalică.
▣	▣	Idem, din profile laminate
⊕	◒	Stîlp dublu din lemn



Idem, din beton.

Stîlp A simplu din lemn.

Idem, din beton.

Stîlp dublu A din lemn.

Idem, din beton.

Stîlp portal simplu din lemn.

Idem, din beton.

Idem, din profile laminate.

Stîlp portal din stîlpi A din lemn.

Idem, din beton.

Stîlp ancorat de lemn.

Idem, din beton.

Stîlp proptit de lemn.

Idem, din beton.

Stîlp simplu de lemn în adaose de beton.

Stîlp dublu de lemn în adaose de beton.

Stîlp A din lemn în adaose de beton.

Stîlp portal din lemn în adaose de beton.

1.4. Valori normate pentru tensiuni

Pentru rețele pînă la 1 kV inclusiv valorile normate pentru tensiunea nominală U_n sînt:

380/220 V; 660 V și 1000 V.

Tabelul 1.1

Tensiunile nominale pentru rețelele cu tensiunea nominală peste 1 kV (STAS 930-75)

Tensiunea nominală U_n [kV]	Tensiunea maximă pentru echipament U_{Me} [kV]	Observații
6	7,2	Valori normate
10	12	
20	24	
110	123	
220	245	
400	420	
750	765	
3	3,6	Valori admise numai în instalații existente
5	7,2	
15	17,5	
25	30	
30	36	
35	42	
60	72,5	

Se admit, însă numai în instalații existente și tensiunile:

208/120 V și 500 V.

Pentru rețele peste 1 kV tensiunile nominale normate sînt trecute în tabelul 1.1. În tabel sînt trecute și tensiunile nenormate, admise însă numai în instalații existente, precum și tensiunile maxime ale echipamentului corespunzător fiecărei tensiuni nominale.

Abaterea procentuală a tensiunii de serviciu față de tensiunea nominală este definită prin relația:

$$a = \frac{U_s - U_n}{U_n} \cdot 100\,[\%]$$

Valorile admise pentru abaterile tensiunii de serviciu față de tensiunea nominală la rețelele pînă la 1 kV sînt date în tabelul 1.2.

Pentru *LEA* cu $U \geqslant 1$ kV nu sînt normate valori de abateri admise. În general se admite o abatere de $\pm$ 7%.

Tabelul 1.2

Abaterile procentuale admise pentru tensiunea de serviciu față de tensiunea nominală la rețelele cu tensiunea nominală pînă la 1 kV inclusiv (STAS 930-75)

Tensiunea nominală a rețelei U_n [V]	Tipul rețelei	Tipul consumatorului alimentat	Abaterile procentuale admise [%]
380/220	Aeriană	Aglomerări cu sub 1 000 locuitori	±10
		Aglomerări cu peste 1 000 locuitori	±7
	Subterană	Orice tip de consumator	±5
660	Aeriană și subterană	Orice tip de consumator	±5
1 000	Aeriană și subterană	Consumatori industriali	±10
		Distribuție publică	Nu se normează
208/120	Aeriană	—	±7
	Subterană	—	±5
500	Aeriană	—	±10

1.5. Sarcinile mecanice ale LEA

Sarcinile mecanice ale LEA provin din:

— factorii externi de natură atmosferică: vînt, chiciură (depuneri solide) și variații de temperatură;

— greutățile proprii ale liniei (stîlpi, conductoare, izolatoare etc.).

— tracțiunea în conductoare;

— încărcările provenite în timpul operațiilor de montaj ale liniei.

1.5.1. Condiții meteorologice

Sarcinile de natură atmosferică depind de condițiile climato-meteorologice ale regiunii în care este situată linia. Din acest punct de vedere țara noastră este împărțită în două zone meteorologice conform hărții din fig. 1.1.

Viteza vîntului la o înălțime de pînă la 10 m de la sol, presiunea dinamică de bază și grosimea stratului de chiciură în cele două zone meteorologice pentru *LEA* cu $U_n > 1$ kV sînt date în tabelul 1.3 (conform PE 104—85).

Greutatea specifică a chiciurei se consideră egală cu $\gamma = 0{,}75$ daN/dm^3, iar stratul de chiciură este depus circular, cu o grosime uniformă b în jurul conductorului.

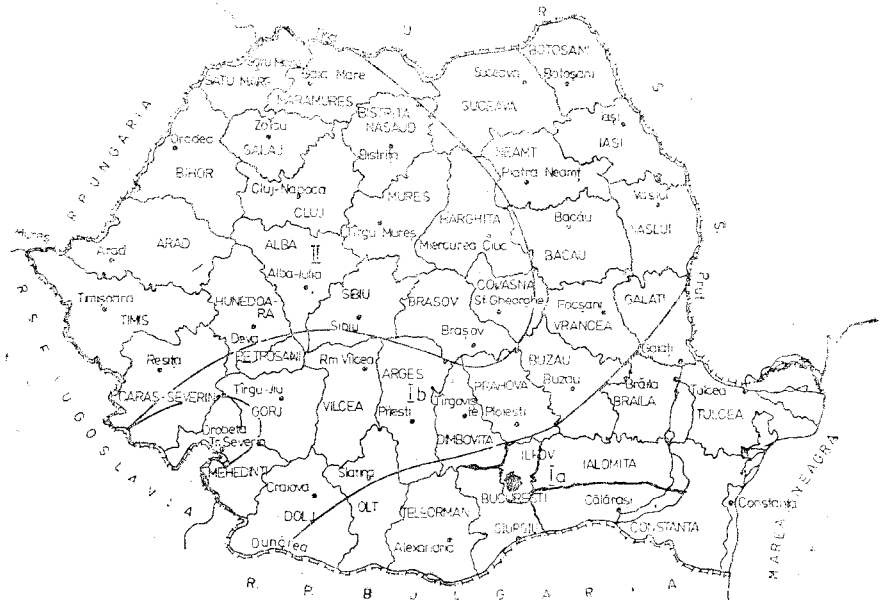


Fig. 1.1. Împărțirea teritoriului României în zone meteorologice.

Tabelul 1.3

Valorile factorilor meteorologici pentru LEA cu $U_n > 1$ kV

Tensiunea nominală a liniei U_n [kV]	Zona meteorologică	Viteza vîntului [m/s]		Presiunea dinamică de bază [daN/m]		Grosimea stratului de chiciură b [mm]
		Nesimultan cu chiciură	Simultan cu chiciură	Pentru vînt nesimultan cu chiciură	Pentru vînt simultan cu chiciură	
$\leqslant 110$	*I*	33	19	68,1	22,6	22
	II	26	14	42,3	12,3	16
220—400	*I*	36	22	81	30,3	24
	II	32	17	64	81,1	20

Presiunea dinamică de bază a vîntului se poate lua din tabelul 1.3 sau calcula cu formula:

$$p = v^2/16 \ [\text{daN/m}^2]; \qquad (1.1)$$

v este viteza vîntului, în m/s.

În anumite zone cu caracter local, cum ar fi zonele de munte cu altitudini peste 1000 m, ca și în zona de est a Dobrogei se pot adopta pentru presiunea dinamică a vîntului sau pentru stratul de chiciură valori mai mari, justificate pe bază de date statistice meteorologice sau pe experiența de exploatare, valorile adoptate avînd o frecvență de apariție de cel puțin o dată la 10 ani pentru *LEA* cu $U_n \leqslant 110$ kV și cel puțin o dată la 15 ani pentru *LEA* cu $U_n > 110$ kV.

Presiunile dinamice de bază ale vîntului din tabelul 1.3 sînt considerate pentru înălțimi de pînă la 10 m deasupra solului. Pentru elementele liniilor situate la înălțimi mai mari de 10 m de la sol presiunile de bază ale vîntului trebuie majorate cu coeficientul k_p din tabelul 1.4.

Tabelul 1.4

Valorile coeficientului k_p de majorare a presiunii dinamice de bază a vîntului în funcție de înălțimile deasupra solului

Înălțimea H deasupra solului [m]	Coeficientul k_p
$0 < H \leqslant 10$	1,00
$10 < H \leqslant 15$	1,15
$15 < H \leqslant 20$	1,22
$20 < H \leqslant 25$	1,30
$25 < H \leqslant 30$	1,40
$30 < H \leqslant 40$	1,55
$40 < H \leqslant 50$	1,65
$50 < H \leqslant 60$	1,75
$60 < H \leqslant 70$	1,85
$70 < H \leqslant 80$	1,95
$80 < H \leqslant 90$	2,00
$90 < H \leqslant 100$	2,10

La determinarea pentru izolatoare, stîlpi și fundații a încărcărilor provenite din presiunea dinamică a vîntului asupra conductoarelor se va considera ca înălțime deasupra solului *distanța pe verticală între centrul de greutate al curbei conductorului și sol*. Astfel:

$$H = h_{cl} - \frac{2}{3} f \ [\text{m}]; \qquad (1.2)$$

h_{cl} este distanța între punctul de prindere în clemă al conductoarelor situate la diferite înălțimi și sol [m]; f — valoarea maximă în deschidere a săgeții conductoarelor, considerată la temperatura medie [m].

La determinarea pentru conductoare a încărcărilor provenite din presiu-

nea dinamică a vîntului se va considera *valoarea medie a înălțimii* folosind formula:

$$H_m = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(h_{cli} - \frac{2}{3}\cdot f_i\right) \text{ [m]}; \qquad (1.3)$$

h_{cli} sînt distanțele h_{cl} pentru diferite conductoare [m]; f_i — săgețile f ale diferitelor conductoare [m]; n — numărul conductoarelor.

Pentru conductoarele de protecție H_m se calculează separat.

Valorile temperaturii aerului pentru determinarea încărcărilor normate la calculul mecanic al *LEA* cu $U_n > 1$ kV se iau:

— temperatura maximă: +40 °C;

— temperatura medie: +15 °C (cu excepția zonelor cu altitudini peste 1000 m, pentru care se ia +10 °C);

— temperatura minimă: −30 °C;

— temperatura de formare a chiciurii: −5 °C.

Pentru liniile de joasă tensiune (pînă la 1 kV) calculul se efectuează în funcție de zona meteorologică în care sînt amplasate, ținînd însă seama și dacă linia se află în zonă protejată sau neprotejată. Prin zonă protejată se înțelege aceea apărată de case, arbori etc., situată în orașe, sate, incinte industriale etc.

LEA de *jt* situate în zone neprotejate se tratează din punct de vedere al condițiilor meteorologice conform celor arătate mai înainte.

Pentru LEA de *jt* din zone protejate se folosesc factorii meteorologici din tabelul 1.5 (conform PE 106–83).

Presiunile dinamice ale vîntului se calculează conform formulei (1.1)

Tabelul 1.5

Valorile factorilor meteorologici pentru dimensionarea LEA de joasă tensiune din zone protejate

Factorul meteorologic	Condiția	Zona meteorologică	
		I	*II*
Viteza vîntului v [m/s]	Maximă (la $t = +15$ °C)	20	20
	Minimă (simultan cu chiciura la $t = -5$ °C)	12	8
Grosimea stratului de chiciură b [mm]	Greutatea specifică a chiciurii $\gamma_{ch} = 0{,}75$ daN/dm³	10	8
Temperatura aerului t [°C]	Maximă	+40	+40
	Medie	+15	+15
	Minimă	−20	−20
	De formare a chiciurii	−5	−5

Notă:

1) La temperaturile $t = -20$ °C și $t = +40$ °C se consideră că viteza vîntului este nulă.

2) La LEA de joasă tensiune montate pe stîlpi comuni cu LEA de medie tensiune în zone protejate, pentru joasă tensiune se iau valorile din tabel, iar pentru medie tensiune aceleași valori, cu excepția grosimii b a stratului de chiciură, care se ia de 22 mm pentru zona *I* și 16 mm pentru zona *II*.

1.5.2. Încărcările normate provenind din acțiunea vîntului

a. **Pe conductoare.** Se folosește formula:

$$g_{vc} = \alpha k_c d p \sin \varphi \cdot 10^{-3} \quad [\text{daN/m}]. \tag{1.4}$$

unde: α este un coeficient care ține seama de neuniformitatea vîntului; conform PE—104/85 acest coeficient se consideră: — pentru vînt nesimultan cu chiciură 0,75 la LEA cu $U_n \leqslant 110$ kV și 0,6 la *LEA* cu $U_n > 110$ kV; — pentru vînt simultan cu chiciură 0,85 la *LEA* cu $U_n \leqslant 110$ și 0,75 la *LEA* cu $U_n > 110$ kV; k_c — coeficientul aerodinamic pentru conductoare, care se consideră 1,10 pentru conductoare cu diametrul peste 20 mm în ipotezele de încărcare fără chiciură și 1,20 pentru conductoare cu diametrul mai mic sau egal cu 20 mm în ipotezele de încărcare fără chiciură, precum și pentru conductoarele de orice diametru în ipotezele cu chiciură; d — diametrul de calcul; în ipotezele fără chiciură d este egal cu diametrul conductorului, iar în ipotezele cu chiciură d este egal cu diametrul conductorului plus de două ori grosimea stratului de chiciură: $d = d_c + 2b$ [mm]; p — presiunea dinamică de bază a vîntului, care se poate lua din tabelul 1.3 sau calcula cu formula (1.1) și dacă e cazul trebuie majorată cu valoarea k_p din tabelul 1.4;] φ — unghiul format din direcția vîntului și axul liniei.

b. **Pe izolatoare.** Se determină cu formula:

$$g_{vi} = k_i S_i p \quad [\text{daN}]; \tag{1.5}$$

unde: k_i este un coeficient care ține seama de efectul aerodinamic, de forma și suprafața izolatoarelor etc.; pentru izolatoare capă și tijă și izolatoare suport străpungibile acest coeficient se consideră 0,35 la lanțuri sau legături simple și 0,55 la lanțuri sau legături duble; pentru izolatoare tip tijă și izolatoare suport nestrăpungibile se ia 0,55 la lanțuri sau legături simple și 0,80 la lanțuri sau legături duble; — S_i — aria dreptunghiului avînd ca laturi diametrul maxim al izolatorului și înălțimea izolatorului sau a lanțului de izolatoare; p — are aceeași semnificație ca în formula pentru conductoare.

c. **Pe stîlpi.** Se folosește relația:

$$g_{vs} = k_s S_s p \quad [\text{daN}]; \tag{1.6}$$

unde: k_s este un coeficient care ține seama de efectul aerodinamic și de efectul de ecranare în cazul stîlpilor cu zăbrele; are valorile din tabelul 1.6; S_s — aria proiecției suprafeței plinului stîlpilor în plan normal pe direcția vîntului; la stîlpii cu zăbrele se ia în considerare numai prima față; p — are aceeași semnificație ca la conductoare.

Tabelul 1.6

Coeficienții k_s pentru determinarea încărcărilor normate provenind din acțiuniea vîntului pe stîlpi

Tipul stîlpului	Coeficientul k_s
Stîlp cu secțiunea orizontală circulară	0,7
Stîlp cu suprafețe plane pline	1,4
Stîlp spațial cu zăbrele din corniere cu secțiunea pătrată sau dreptunghiulară	2,6
Stîlp plan cu elemente de secțiune orizontală circulară	1,1
Stîlp spațial cu elemente de secțiune orizontală circulară	2,0

În cazul ipotezei la vînt 45° încărcările se repartizează pe ambele fețe, fiecare cu o valoare egală cu 0,75 g_{vs}.

d. **La LEA joasă tensiune.** Se folosește formula (1.4) în care coeficienții α și k_c sînt contopiți într-un singur coeficient care se consideră:

0,8 pentru conductoare;

0,7 pentru stîlpi centrifugați;

1 pentru stîlpi vibrați.

În cazul în care nu se cunoaște direcția vîntului, unghiul φ se consideră:

90° în zone neprotejate;
70° în zone protejate cu obstacole mai mici decît înălțimea stîlpului;
45° în zone protejate cu obstacole mai mari decît înălțimea stîlpului.

1.5.3. Încărcările normate provenind din depunerile de chiciură

Se calculează cu relația:

$$g_{ch} = \pi b(b + d_c)\,\gamma_{ch}\,10^{-3} \quad [\text{daN/m}]; \tag{1.7}$$

unde: b este grosimea stratului de chiciură [mm]; d_c — diametrul conductorului [mm]; γ_{ch} — greutatea specifică a chiciurii [daN/dm³]; se consideră $\gamma_{ch} = 0{,}75$ daN/dm³.

1.5.4. Încărcările de calcul

Încărcările de calcul, care stau la baza dimensionării liniilor electrice aeriene se determină prin înmulțirea încărcărilor normate, calculate conform punctelor 1.5.2 și 1.5.3 cu coeficienți de încărcare din tabelul 1.7

Tabelul 1.7

Coeficienții de încărcare pentru determinarea încărcărilor de calcul

Categoria încărcărilor	Denumirea încărcărilor	Coeficientul încărcării
Permanentă	Greutatea proprie (stîlpi, conductoare, izolatoare, instalații)	1,1[1]
Variabilă	Greutatea chiciurii pe conductoarele active și de protecție	2,0
	Greutatea chiciurii pe stîlpi, izolatoare etc.	1,3
	Presiunea vîntului pe stîlpi, conductoare, izolatoare, cu sau fără chiciură	1,3
	Tracțiunea conductoarelor în regim normal de funționare	1,3
Excepțională	Tracțiunea conductoarelor în regim de avarie	1,1
În regim de montaj	Încărcări rezultate din schema de montaj	1,1
	Greutatea montorilor și a utilajelor	1,3

[1] Dacă încărcările respective au efect defavorabil asupra rezistenței elementelor în secțiunea și la starea limită analizată se folosește coeficientul 0,9.

Gruparea încărcărilor provenite din factorii climatometeorologice se face conform ipotezelor din tabelul 1.8.

Tabelul 1.8

Ipotezele de încărcare pentru calculul elementelor componente ale LEA

Ipoteza de încărcare	Factorul meteorologic		
	Temperatura	Vîntul	Chiciura
1. *LEA CU $U_n > 1$ kV ŞI LEA CU $U_n \leqslant 1$ kV ÎN ZONE NEPROTEJATE*			
a	—30 °C	Lipsă	Lipsă
b	+15 °C	Lipsă	Lipsă
c	+15 °C	10 m/s	Lipsă
d	+15 °C	20 m/s	Lipsă
e	+40 °C	Lipsă	Lipsă
f	— 5 °C	Lipsă	10 mm — zona *I* 8 mm — zona *II*
g	— 5 °C	12 m/s — zona *I* 8 m/s — zona *II*	10 mm — zona *I* 8 mm — zona *II*
2. *LEA CU $U_n \leqslant 1$ kV ÎN ZONE PROTEJATE*			
a	—20 °C	Lipsă	Lipsă
b	+15 °C	Lipsă	Lipsă
c	+40 °C	Lipsă	Lipsă
d	+15 °C	20 m/s	Lipsă
e	— 5 °C	12 m/s — zona *I* 8 m/s — zona *II*	10 mm — zona *I* 8 mm — zona *II*
3. *LEA CU $U_n \leqslant 1$ kV CU CONDUCTOARE TORSADATE POZATE PE CLĂDIRI*			
a	—10 °C	Lipsă	Lipsă
b	+40 °C	Lipsă	Lipsă

În ipoteza vînt simultan cu chiciură suprafaţa stîlpilor metalici cu zăbrele se majorează cu 50%, iar suprafaţa izolatoarelor cu 25%. În ipotezele cu chiciură greutăţile stîlpilor cu zăbrele şi a izolatoarelor se majorează cu 10%.

2. CALCULUL ELECTRIC AL LINIILOR

2.1. Parametrii electrici ai liniilor

2.1.1. Rezistența electrică

Rezistența R a conductoarelor se calculează cu relația:

$$R = \rho \frac{l}{s}; \tag{2.1a}$$

ρ este rezistivitatea materialului [Ω mm^2/m sau Ω m] dată de obicei la temperatura de 20°C; l — lungimea conductorului [m]; s — secțiunea conductoarelor [mm^2 sau m^2].

Rezistența pe unitatea de lungime a conductorului este:

$$R_c = \rho \frac{1000}{s} \quad [\Omega/\text{km}]. \tag{2.1b}$$

Pentru o temperatură θ diferită de 20°, *rezistivitatea* se determină printr-o relație liniară de temperatură: Astfel:

$$\rho_\theta = \rho_{20}[1 + \alpha_{20}(\theta - 20)]; \tag{2.2}$$

α_{20} este coeficientul de variație a rezistivității cu temperatura pentru temperatura inițială de +20°C (pentru cupru $\alpha_{20} = 0{,}00393$ grd^{-1}, iar pentru aluminiu $\alpha_{20} = 0{,}00403$ grd^{-1}).

Rezistențele date de relațiile (2.1a) și (2.1b) sînt de fapt valabile pentru curent continuu, deoarece rezistențele pentru curent alternativ sînt mai mari ținînd seama de efectul pelicular, de efectul de apropiere și de pierderile suplimentare în materialele magnetice învecinate. Pentru conductoare de cupru avînd secțiunea pînă la 400—500 mm^2 și conductoare de aluminiu cu secțiuni pînă la 600 mm^2, efectul pelicular este neglijabil.

Pentru conductoare făcînd parte din faze diferite efectul de apropiere este de asemenea neglijabil. Cu bună aproximație se pot utiliza de asemenea formulele (2.1a) și (2.1b) pentru calculul rezistențelor în curent alternativ.

Pentru conductoare funie, din cauza răsucirii, *lungimea firelor componente ale conductorului* este cu (2...4)% mai mare decît lungimea conductorului, astfel că formulele (2.1a) și (2.1b) devin:

$$R = (1{,}02 \ldots 1{,}04)\rho \cdot l/s, \quad [\Omega]; \tag{2.1c}$$

$$R_c = (1{,}02 \ldots 1{,}04)\rho \cdot l/s. \quad [\Omega/\mathrm{km}]. \tag{2.1d}$$

În calcule se introduc pentru mai multă exactitate secțiunile reale ale conductoarelor, în locul celor nominale după care sînt denumite conductoarele.

În cazul conductoarelor de aluminiu-oțel, datorită conductanței reduse a inimei de oțel, la calculul rezistenței se ia în considerare numai secțiunea reală a mantalei de aluminiu.

2.1.2. Inductanța de serviciu

Pentru calculul inductanței de serviciu a unei linii aeriene trifazate se utilizează ecuațiile liniare, care exprimă fluxurile aferente conductoarelor în funcție de curenții ce trec prin fiecare conductor și prin conductoarele învecinate.

În cazul unei linii trifazate cu simplu circuit, aceste ecuații sînt:

$$\left.\begin{aligned} \underline{\Phi}_R &= L_{RR}\underline{I}_R + L_{RS}\underline{I}_S + L_{RT}\underline{I}_T \\ \underline{\Phi}_S &= L_{SR}\underline{I}_R + L_{SS}\underline{I}_S + L_{ST}\underline{I}_T \\ \underline{\Phi}_T &= L_{TR}\underline{I}_R + L_{TS}\underline{I}_S + L_{TT}\underline{I}_T \end{aligned}\right\} \tag{2.3}$$

Φ_R, Φ_S, Φ_T sînt fluxurile aferente conductoarelor fazelor R, S, T; I_R, I_S, I_T — curenții care trec prin fazele respective; $L_{RR} = L_{SS} = L_{TT}$ — inductanțele proprii respective ale conductoarelor; $L_{RS} = L_{SR}$; $L_{ST} = L_{TS}$; $L_{TR} = L_{RT}$ — inductanțele mutuale între conductoarele de fază R, S, respectiv S, T și T, R.

Inductanțele de serviciu pe fază $L_{serv\ R}$, $L_{serv\ S}$, $L_{serv\ T}$ nu trebuie să depindă de curenții din celelalte faze, astfel ca fluxurile să poată fi exprimate numai prin curenții fazelor respective. Astfel:

$$\underline{\Phi}_R = L_{serv\ R}\underline{I}_R; \quad \underline{\Phi}_S = L_{serv\ S}\underline{I}_S; \quad \underline{\Phi}_T = L_{serv\ T}\underline{I}_T. \tag{2.4}$$

Matriceal, sistemele de ecuații (2.3) și (2.4) se scriu:

$$\begin{bmatrix} \underline{\Phi}_R \\ \underline{\Phi}_S \\ \underline{\Phi}_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{RR} & L_{RS} & L_{TR} \\ L_{RS} & L_{RR} & L_{ST} \\ L_{TR} & L_{ST} & L_{RR} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{I}_R \\ \underline{I}_S \\ \underline{I}_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{serv\ R} & 0 & 0 \\ 0 & L_{serv\ S} & 0 \\ 0 & 0 & L_{serv\ T} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{I}_R \\ \underline{I}_S \\ \underline{I}_T \end{bmatrix}; \tag{2.5.a}$$

sau *concentrat*:

$$[\Phi_k] = [L_{ik}] \cdot [I_k] = [L_k] \cdot [I_k]. \tag{2.5.b}$$

Inductanțele de serviciu pot fi determinate numai pentru un sistem în care intensitățile curenților pe fază sînt funcții liniare de o intensitate de curent de referință. Astfel:

$$[\underline{I_k}] = \begin{bmatrix} \underline{I_R} \\ \underline{I_S} \\ \underline{I_T} \end{bmatrix} = [\underline{A_k}] \cdot \underline{I} = \begin{bmatrix} \underline{A_R} \\ \underline{A_S} \\ \underline{A_T} \end{bmatrix} \cdot \underline{I}; \qquad (2.6.a)$$

$$\Sigma I_k = 0; \text{ deci } \Sigma A_k = 0.$$

Se notează cu:

$$[\underline{D}] = \begin{bmatrix} \frac{1}{\underline{A_R}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\underline{A_S}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\underline{A_T}} \end{bmatrix}. \qquad (2.6.b)$$

Sistemele de ecuații (2.5a) și (2.5b) se pot scrie astfel:

$$\begin{bmatrix} \underline{\Phi_R} \\ \underline{\Phi_S} \\ \underline{\Phi_T} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{RR} & L_{RS} & L_{TR} \\ L_{RS} & L_{RR} & L_{ST} \\ L_{TR} & L_{ST} & L_{RR} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{A_R} \\ \underline{A_S} \\ \underline{A_T} \end{bmatrix} \cdot I =$$

$$= \begin{bmatrix} L_{serv\ R} & 0 & 0 \\ 0 & L_{serv\ S} & 0 \\ 0 & 0 & L_{serv\ T} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{A_R} \\ \underline{A_S} \\ \underline{A_T} \end{bmatrix} \cdot I. \qquad 2.5c)$$

Preînmulțind cu matricea $[D]$ și în dreapta și în stînga, se obține:

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{\underline{A_R}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\underline{A_S}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\underline{A_T}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} L_{RR} & L_{RS} & L_{TR} \\ L_{RS} & L_{RR} & L_{ST} \\ L_{TR} & L_{ST} & L_{RR} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{A_R} \\ \underline{A_S} \\ \underline{A_T} \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} \frac{1}{\underline{A_R}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\underline{A_S}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\underline{A_T}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} L_{serv\ R} & 0 & 0 \\ 0 & L_{serv\ S} & 0 \\ 0 & 0 & L_{serv\ T} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{A_R} \\ \underline{A_S} \\ \underline{A_T} \end{bmatrix}. \qquad (2.5d)$$

Făcînd calculele, rezultă:

$$\begin{bmatrix} L_{serv\,R} \\ L_{serv\,S} \\ L_{serv\,T} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\underline{A_R}} (L_{RR}\underline{A_R} + L_{RS}\underline{A_S} + L_{TR}\underline{A_T}) \\ \frac{1}{\underline{A_S}} (L_{RS}\underline{A_R} + L_{RR}\underline{A_S} + L_{ST}\underline{A_T}) \\ \frac{1}{\underline{A_T}} (L_{TR}\underline{A_R} + L_{ST}\underline{A_S} + L_{RR}\underline{A_T}) \end{bmatrix}. \tag{2.7a}$$

Pentru un sistem simetric de curenți:

$$[A_k] = \begin{bmatrix} 1 \\ a^2 \\ a \end{bmatrix} \text{ și } [D] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & a & 0 \\ 0 & 0 & a^2 \end{bmatrix}, \tag{2.7b}$$

astfel că inductanțele de serviciu pentru cele 3 faze sînt:

$$\begin{bmatrix} L_{serv\,R} \\ L_{serv\,S} \\ L_{serv\,T} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{RR} + a^2 L_{RS} + aL_{TR} \\ aL_{RS} + L_{RR} + a^2 L_{ST} \\ a^2 L_{TR} + aL_{ST} + L_{RR} \end{bmatrix}. \tag{2.7c}$$

Pentru o linie la care s-a realizat un ciclu complet de transpunere a fazelor (fig. 2.1), *inductanțele de serviciu pe faze* devin egale cu media celor 3 inductanțe din expresia (2.7c). Astfel:

$$L_{serv} = \frac{1}{3}(3L_{RR}) + \frac{1}{3}(a + a^2)(L_{RS} + L_{ST} + L_{TR}) =$$

$$= L_{RR} - \frac{1}{3}(L_{RS} + L_{ST} + L_{TR}) = \frac{1}{3}(3L_{RR} - L_{RS} - L_{ST} - L_{TR}). \tag{2.8a}$$

Inductanțele proprii L_{RR} *și mutuale* L_{RS}, L_{ST}, L_{TR} din formula (2.8a) pentru conductoare unifilare, se calculează astfel:

$$L_{kk} = (4{,}6 \lg D_g/r_k + \mu_k/2)10^{-4} \quad [\text{H/km}]; \tag{2.9a}$$

$$L_{ik} = 4{,}6 \cdot 10^{-4} \lg (D_g/d_{ik}) \quad [\text{H/km})]; \tag{2.9b}$$

r_k este raza exterioară a conductorului [m]; D_g — adîncimea echivalentă de trecere a curentului prin pămînt [m]; d_{ik} — distanța între conductoarele i și k [m]; μ_k — permitivitatea magnetică relativă a materialului.

Adîncimea echivalentă D_g este:

$$D_g = \frac{2{,}085}{\sqrt{f\lambda \cdot 10^{-9}}} \cdot 10^{-3} \quad [\text{m}];$$

f este frecvența curentului [Hz]; λ — conductivitatea solului [S/cm].

Valorile adîncimii echivalente D_g pentru diferite conductivități ale solului, la frecvența de 50 Hz sînt:

— *sol uscat:* $\lambda = 10^{-5}$ S/cm . . . . . 3000 m;
— *sol umed:* $\lambda = 10^{-4}$ S/cm . . . . . 935 m;
— *apă de mare:* $\lambda = 10^{-2}$ S/cm . . . . . 94 m.

Ca valoare medie a adîncimii echivalente se consideră de obicei $D_g = 1000$ m.

Pentru materiale nemagnetice $\mu_k = 1$, astfel că expresia *inductanței proprii* (2.9a) se poate scrie sub forma:

$$L_{kk} = 4{,}6 \lg (D_g/0{,}7788 r_k) = 4{,}6 \lg (D_g/r_{ech\,k}). \tag{2.9c}$$

Introducînd expresiile inductanțelor proprie (2.9c) și mutuală (2.9b) în formula *inductanței de serviciu* (2.8a) pentru o linie trifazată, simplu circuit, avînd un ciclu complet de transpuneri, rezultă:

$$L_{serv} = 4{,}6 \cdot 10^{-4} \cdot \lg \frac{D_g}{r_{ech}} - \frac{1}{3}\left(4{,}6 \cdot 10^{-4} \lg \frac{D_g}{d_{RS}} + \right.$$

$$\left. + 4{,}6 \cdot 10^{-4} \lg \frac{D_g}{d_{ST}} + 4{,}6 \cdot 10^{-4} \lg \frac{D_g}{d_{TR}}\right) =$$

$$= 4{,}6 \cdot 10^{-4}\left(\lg \frac{D_g}{r_{ech}} - \lg \frac{D_g}{\sqrt[3]{d_{RS} d_{ST} d_{TR}}}\right) =$$

$$= 4{,}6 \cdot 10^{-4} \lg \frac{d}{r_{ech}} \quad [\mathrm{H/km}]; \tag{2.10a}$$

$d = \sqrt[3]{d_{RS} d_{ST} d_{TR}}$ este dinstanța medie geometrică între conductoarele R, S, T ale liniei aeriene; r_{ech} — raza echivalentă a conductorului pentru calculul inductanței care este egală cu 0,7788 r pentru conductorul unifilar din material nemagnetic (r fiind raza exterioară efectivă a conductorului).

Pentru conductoare multifilare (funie) *raza echivalentă* pentru calculul inductanțelor are următoarele valori:

Conductoare din materiale nemagnetice:
- conductoare cu 7 fire ... 0,725 r;
- conductoare cu 12 fire ... 0,740 r;
- conductoare cu 19 fire ... 0,757 r.

Conductoare de aluminiu oțel:
- conductoare cu 7 fire ... 0,770 r;
- conductoare cu 28 fire ... 0,812 r;
- conductoare cu 30 fire ... 0,826 r.

Pentru linii trifazate cu simplu circuit, complet transpuse, echipate cu conductoare fasciculare, relația (2.10a) se scrie astfel:

$$L_{serv} = 4{,}6 \cdot 10^{-4} \lg (d/\rho_{ech}) \quad [\mathrm{H/km}]; \tag{2.10b}$$

ρ_{ech} este raza echivalentă fasciculului pentru calculul inductanțelor dată de formula:

$$\rho_{ech} = R\sqrt[n]{n(r_{ech}/R)}; \tag{2.10c}$$

n — numărul conductoarelor din fascicul; r_{ech} — raza echivalentă a unui conductor din fascicul pentru calculul inductanțelor; R — raza cercului imaginar, pe circumferința căruia sînt amplasate conductoarele componente ale fasciculului.

Reactanțele inductive de serviciu ale liniilor se obțin înmulțind inductanțele cu $2\pi f$. Astfel:

— *pentru conductoare unice pe fază*;

$$X_{serv} = 0{,}1445 \lg (d/r_{ech}) \quad [\Omega/\text{km}];$$

— *pentru conductoare fasciculare*:

$$X_{serv} = 0{,}1445 \lg (d/\varrho_{ech}) \quad [\Omega/\text{km}].$$

În mod asemănător se deduc formulele pentru *calculul inductanțelor de serviciu* pentru linii trifazate, dublu circuit, complet transpuse (fig. 2.1b). Astfel:

— *pentru conductoare unice pe fază*

$$L_{serv} = 4{,}6 \cdot 10^{-4} \lg \frac{d}{r_{ech}} \frac{d_1}{d_2} \quad [\text{H/km}]; \tag{2.11a}$$

— *pentru conductoare fasciculare*:

$$L_{serv} = 4{,}6 \cdot 10^{-4} \lg \frac{d}{\varrho_{ech}} \frac{d_1}{d_2} \quad [\text{H/km}]; \tag{2.11b}$$

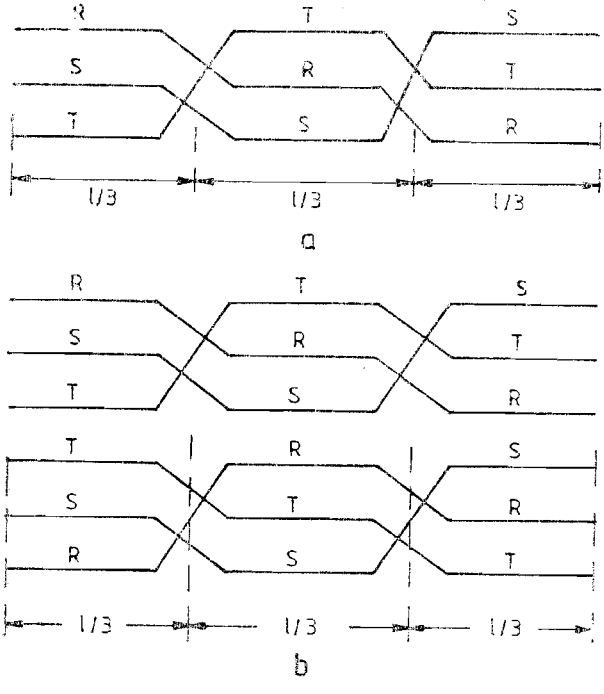


Fig. 2.1. Schemele de transpunere ale liniilor aeriene cu simplu circuit (*a*) și cu dublu circuit (*b*).

iar *reactanțele inductive de serviciu:*

— *pentru conductoare unice pe fază;*

$$X_{serv} = 0{,}1445 \lg \frac{d}{r_{ech}} \frac{d_1}{d_2} \quad [\Omega/\text{km}]; \tag{2.12a}$$

— *pentru conductoare fasciculare*

$$X_{serv} = 0{,}1445 \lg \frac{d}{\rho_{ech}} \frac{d_1}{d_2} \quad [\Omega/\text{km}] \tag{2.12b}$$

$$d_1 = \sqrt[3]{d_{RR'} d_{ST'} d_{TR'}}; \quad d_2 = \sqrt[3]{d_{RR'} d_{SS'} d_{TT'}}; \tag{2.12c}$$

R', S', T' sînt denumirile fazelor circuitului al doilea al liniei.

În fig. 2.2 este dată o diagramă din care se poate calcula reactanța de serviciu a unei linii aeriene cu simplu circuit în funcție de raportul d/r_{ech}. Diagrama se poate folosi și pentru determinarea reactanței de serviciu a unei linii cu dublu circuit în funcție de funcție de raportul d_{dc}/r_{ech}, în care $d_{dc} = d(d_1/d_2)$.

Valorile raportului d/r_{ech} sau d_{dc}/r_{ech} intrînd în formulele inductanței și reactanței sub semnul logaritm, inductanța și reactanța liniilor nu variază într-un domeniu prea larg, valorile acestora fiind cuprinse între 0,35 și 0,45 Ω/km.

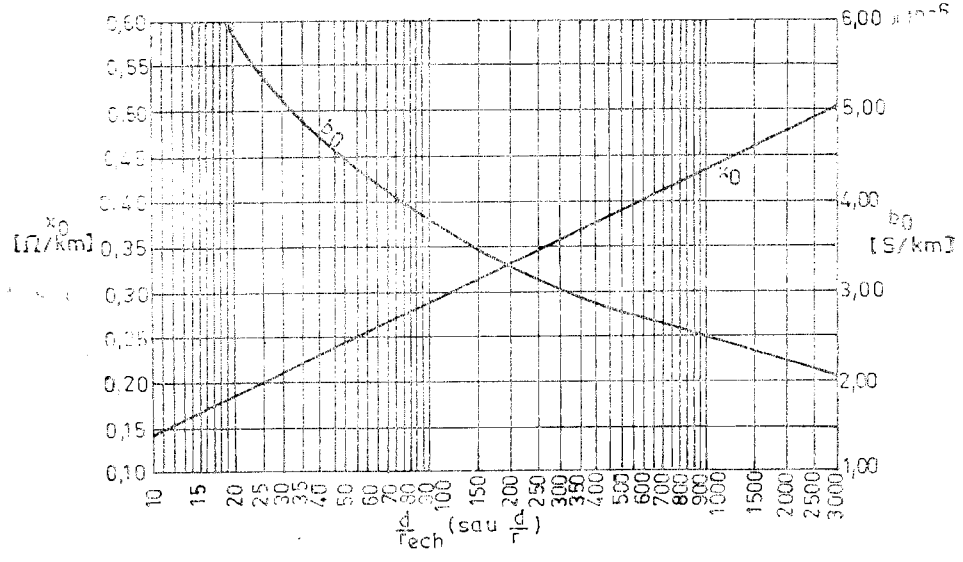


Fig. 2.2. Variația reactanței inductive în funcție de raportul d/r_{ech} și variația susceptanței capacitive în funcție de raportul d/r.

2.1.3. Capacitatea de serviciu

Pentru calculul capacității de serviciu a unei linii aeriene trifazate cu simplu, dublu sau multicircuit, se utilizează ecuațiile lui Maxwell, care exprimă potențialele unui ansamblu de conductoare liniare, paralele, filiforme în funcție de sarcinile lor electrice.

În cazul unei linii trifazate simplu circuit cu un conductor de protecție ecuațiile lui Maxwell se scriu astfel:

$$\left.\begin{aligned} \underline{V_R} &= \alpha_{RR}\underline{Q_R} + \alpha_{RS}\underline{Q_S} + \alpha_{RT}\underline{Q_T} + \alpha_{Rp}\underline{Q_p} \\ \underline{V_S} &= \alpha_{SR}\underline{Q_R} + \alpha_{SS}\underline{Q_S} + \alpha_{ST}\underline{Q_T} + \alpha_{Sp}\underline{Q_p} \\ \underline{V_T} &= \alpha_{TR}\underline{Q_R} + \alpha_{TS}\underline{Q_S} + \alpha_{TT}\underline{Q_T} + \alpha_{Tp}\underline{Q_p} \\ \underline{V_p} &= \alpha_{pR}\underline{Q_R} + \alpha_{pS}\underline{Q_S} + \alpha_{pT}\underline{Q_T} + \alpha_{pp}\underline{Q_p} \end{aligned}\right\}; \qquad (2.13)$$

$V_{R,S,T}$ sînt potențialele conductoarelor de fază R, S, T [V]; $Q_{R,S,T}$ — sarcinile electrice ale conductoarelor de fază R, S, T [C]; V_p, Q_p — potențialul [V], respectiv sarcina electrică [C] ale conductorului de protecție p, legat la pămînt; α — coeficienți de potențial.

Ținînd seama că:

$$\alpha_{RS} = \alpha_{SR};\quad \alpha_{ST} = \alpha_{TS};\quad \alpha_{TR} = \alpha_{RT};\quad \alpha_{Rp} = \alpha_{pR};$$
$$\alpha_{Sp} = \alpha_{pS};\quad \alpha_{Tp} = \alpha_{pT};$$

iar pentru conductoare identice (din același material și de aceeași secțiune):

$$\alpha_{RR} = \alpha_{SS} = \alpha_{TT},$$

ecuațiile [2.13] devin:

$$\left.\begin{aligned} \underline{V_R} &= \alpha_{RR}\underline{Q_R} + \alpha_{RS}\underline{Q_S} + \alpha_{TR}\underline{Q_T} + \alpha_{Rp}\underline{Q_p} \\ \underline{V_S} &= \alpha_{RS}\underline{Q_R} + \alpha_{RR}\underline{Q_S} + \alpha_{ST}\underline{Q_T} + \alpha_{Sp}\underline{Q_p} \\ \underline{V_T} &= \alpha_{TR}\underline{Q_R} + \alpha_{ST}\underline{Q_S} + \alpha_{TT}\underline{Q_T} + \alpha_{Tp}\underline{Q_p} \\ \underline{V_p} &= \alpha_{Rp}\underline{Q_R} + \alpha_{Sp}\underline{Q_S} + \alpha_{Tp}\underline{Q_T} + \alpha_{pp}\underline{Q_p} \end{aligned}\right\}. \qquad (2.14a)$$

Potențialul conductorului de protecție legat la pămînt $V_p = 0$, astfel că se poate elimina din ecuații variabila Q_p, sistemul scriindu-se astfel:

$$\left.\begin{aligned} \underline{V_R} &= \beta_{RR}\underline{Q_R} + \beta_{RS}\underline{Q_S} + \beta_{TR}\underline{Q_T} \\ \underline{V_S} &= \beta_{RS}\underline{Q_R} + \beta_{RR}\underline{Q_S} + \beta_{ST}\underline{Q_T} \\ \underline{V_T} &= \beta_{TR}\underline{Q_R} + \beta_{ST}\underline{Q_S} + \beta_{TT}\underline{Q_T} \end{aligned}\right\}. \qquad (2.14b)$$

Rezolvînd acest sistem de ecuații, în funcție de variabilele Q_R, Q_S, Q_T, se obține:

$$\left.\begin{aligned} \underline{Q_R} &= \gamma_{RR}\underline{V_R} + \gamma_{RS}\underline{V_S} + \gamma_{TR}\underline{V_T} \\ \underline{Q_S} &= \gamma_{RS}\underline{V_R} + \gamma_{RR}\underline{V_S} + \gamma_{ST}\underline{V_T} \\ \underline{Q_T} &= \gamma_{TR}\underline{V_R} + \gamma_{ST}\underline{V_S} + \gamma_{RR}\underline{V_T} \end{aligned}\right\}; \qquad (2.14c)$$

γ reprezintă coeficienţi de influenţă electrică. Prin împărţirea sarcinilor electrice cu potenţialele conductoarelor respective, se obţin *capacităţile fiecărui conductor de fază:*

$$\left.\begin{aligned} C_R &= \frac{Q_R}{\underline{V_R}} = \gamma_{RR} + \gamma_{RS}\frac{\underline{V_S}}{\underline{V_R}} + \gamma_{TR}\frac{\underline{V_T}}{\underline{V_R}} \\ C_S &= \frac{Q_S}{\underline{V_S}} = \gamma_{RS}\frac{\underline{V_R}}{\underline{V_S}} + \gamma_{RR} + \gamma_{ST}\frac{\underline{V_T}}{\underline{V_S}} \\ C_T &= \frac{Q_T}{\underline{V_T}} = \gamma_{TR}\frac{\underline{V_R}}{\underline{V_T}} + \gamma_{ST}\frac{\underline{V_S}}{\underline{V_T}} + \gamma_{TT} \end{aligned}\right\}. \qquad (2.15a)$$

Capacităţile din formulele de mai sus sînt dependente de potenţialele conductoarelor de fază. Capacităţile de serviciu ale conductoarelor de fază sînt independente de potenţialele conductoarelor şi se pot defini pentru un sistem în care potenţialele sînt funcţii liniare de un potenţial de referinţă.

Pentru un sistem trifazat simetric de potenţiale rezultă:

$$\underline{V_R} = V_R; \quad \underline{V_S} = a^2 V_R; \quad \underline{V_T} = aV_R. \qquad (2.16)$$

Ţinînd seama de relaţiile (2.16), rezultă din sistemul de ecuaţii (2.15a) *capacităţile de serviciu ale conductoarelor de fază:*

$$\left.\begin{aligned} C_{serv\ R} &= \gamma_{RR} + a^2\gamma_{RS} + a\gamma_{TR} \\ C_{serv\ S} &= a\gamma_{RR} + \gamma_{RR} + a^2\gamma_{ST} \\ C_{serv\ T} &= a^2\gamma_{TR} + a\gamma_{ST} + \gamma_{TT} \end{aligned}\right\}. \qquad (2.15b)$$

Pentru o linie aeriană la care s-a realizat un ciclu complet de transpunere de faze (fig. 2.1,*a*), capacităţile de serviciu pe faze devin egale cu media celor 3 capacităţi din expresiile (2.15b). Astfel:

$$C_{serv} = \frac{1}{3}(C_{serv\ R} + C_{serv\ S} + C_{serv\ T}) =$$

$$= \gamma_{RR} + \frac{1}{3}(a + a^2)(\gamma_{RS} + \gamma_{ST} + \gamma_{TR}) =$$

$$= \frac{1}{3}(3\gamma_{RR} - \gamma_{RS} - \gamma_{ST} - \gamma_{TR}). \qquad (2.15d)$$

Calculele se pot sistematiza mai bine folosind metodele matriceale. Sistemul de ecuaţii (2.14a) se scrie matriceal astfel:

$$\begin{bmatrix} \underline{V_R} \\ \underline{V_S} \\ \underline{V_T} \\ \hline \underline{V_p} \end{bmatrix} = \left[\begin{array}{ccc|c} \alpha_{RR} & \alpha_{RS} & \alpha_{TR} & \alpha_{Rp} \\ \alpha_{RS} & \alpha_{RR} & \alpha_{ST} & \alpha_{Sp} \\ \alpha_{TR} & \alpha_{ST} & \alpha_{RR} & \alpha_{Tp} \\ \hline \alpha_{Rp} & \alpha_{Sp} & \alpha_{Tp} & \alpha_{pp} \end{array}\right] \cdot \begin{bmatrix} \underline{Q_R} \\ \underline{Q_S} \\ \underline{Q_T} \\ \hline \underline{Q_p} \end{bmatrix}, \qquad (2.16a)$$

iar sistemul de ecuații (2.14b):

$$\begin{bmatrix} \underline{V_R} \\ \underline{V_S} \\ \underline{V_T} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{RR} & \beta_{RS} & \beta_{TR} \\ \beta_{RS} & \beta_{RR} & \beta_{ST} \\ \beta_{TR} & \beta_{ST} & \beta_{RR} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{Q_R} \\ \underline{Q_S} \\ \underline{Q_T} \end{bmatrix}; \tag{2.16b}$$

sau sub formă concentrată:

$$[\underline{V_C}] = [\beta] \cdot [\underline{Q_C}]. \tag{2.16c}$$

Sistemul de ecuații (2.14c) se prezintă sub formă matriceală astfel:

$$\begin{bmatrix} \underline{Q_R} \\ \underline{Q_S} \\ \underline{Q_T} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma_{RR} & \gamma_{RS} & \gamma_{TR} \\ \gamma_{RS} & \gamma_{RR} & \gamma_{ST} \\ \gamma_{TR} & \gamma_{ST} & \gamma_{RR} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{V_R} \\ \underline{V_S} \\ \underline{V_T} \end{bmatrix}; \tag{2.16d}$$

sau sub formă concentrată:

$$[\underline{Q_C}] = [\gamma] \cdot [\underline{V_C}]. \tag{2.16e}$$

Sub matricele coeficienților de potențial din sistemul (2.16a) se notează astfel:

$$[A_{CC}] = \begin{bmatrix} \alpha_{RR} & \alpha_{RS} & \alpha_{TR} \\ \alpha_{RS} & \alpha_{RR} & \alpha_{ST} \\ \alpha_{TR} & \alpha_{ST} & \alpha_{RR} \end{bmatrix};$$

$$[A_{cp}] = \begin{bmatrix} \alpha_{Rp} \\ \alpha_{Sp} \\ \alpha_{Tr} \end{bmatrix}; \quad [A_{pc}] = [\alpha_{Rp}\ \alpha_{Sp}\ \alpha_{Tp}]; \quad [A_{pp}] = [\alpha_{pp}].$$

Cu aceste notații, matricea coeficienților $[\beta]$ se scrie:

$$[\beta] = [A_{CC}] - [A_{cp}] \cdot [A_{pp}]^{-1} \cdot [A_{pc}];$$

iar matricea coeficienților de influență $[\gamma]$ este inversa matricei coeficienților $[\beta]$:

$$[\gamma] = [\beta]^{-1}.$$

Matricea capacităților de serviciu este:

$$[C_{serv}] = \left[\frac{1}{\underline{V_C}}\right] \cdot [\gamma] \cdot [\underline{V_C}]; \quad \left[\frac{1}{\underline{V_C}}\right] = \begin{bmatrix} \frac{1}{\underline{V_R}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\underline{V_S}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\underline{V_T}} \end{bmatrix}. \tag{2.17a}$$

Capacitățile de serviciu sînt independente de valorile potențialelor în cazul cînd pot fi exprimate prin funcții liniare de un alt potențial. Astfel:

$$[\underline{V_C}] = [K_i] \cdot \underline{V_0}; \quad \left[\frac{1}{\underline{V_C}}\right] = \left[\frac{1}{K_i}\right] \cdot \frac{1}{\underline{V_0}}; \tag{2.18a}$$

$$[K_i] = \begin{bmatrix} K_R \\ K_S \\ K_T \end{bmatrix}; \quad \left[\frac{1}{K_i}\right] = \begin{bmatrix} \frac{1}{K_R} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{K_S} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{K_T} \end{bmatrix}; \tag{2.18b}$$

astfel că:

$$[C_{serv}] = \left[\frac{1}{K_i}\right] \cdot [\gamma] \cdot [K_i]. \tag{2.17b}$$

Pentru un sistem simetric de potențiale $\underline{V_R}$, $\underline{V_S}$, $\underline{V_T}$ rezultă:

$$[K_i] = \begin{bmatrix} 1 \\ a^2 \\ a \end{bmatrix}; \quad \left[\frac{1}{K_i}\right] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & a & 0 \\ 0 & 0 & a^2 \end{bmatrix}, \tag{2.18c}$$

astfel că *matricea capacităților de serviciu* se poate scrie:

$$[C_{serv}] = \begin{bmatrix} C_{serv\ R} \\ C_{serv\ S} \\ C_{serv\ T} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & a & 0 \\ 0 & 0 & a^2 \end{bmatrix} \cdot [\gamma] \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ a^2 \\ a \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} \gamma_{RR} & + a^2\gamma_{RS} & + a\gamma_{TR} \\ a\gamma_{RS} & + \gamma_{RR} & + a^2\gamma_{ST} \\ a^2\gamma_{TR} & + a\gamma_{ST} & + \gamma_{RR} \end{bmatrix}. \tag{2.17c}$$

La o linie aeriană la care s-a realizat un ciclu complet de transpuneri, capacitățile de serviciu pe faze devin egale cu media celor 3 capacități, conform relației (2.15d).

Înlocuind distanțele reale între conductoarele active, respetiv între conductoarele active și conductoarele de protecție și înălțimile de calcul ale conductoarelor active prin mediile lor geometrice

$$d = \sqrt[3]{d_{RS}d_{ST}d_{TR}}; \quad d'_p = \sqrt[3]{d_{Rp}d_{Sp}d_{Tp}}; \quad h = \sqrt[3]{h_R h_S h_T} \tag{2.19}$$

și ținînd seama că razele secțiunii conductoarelor active sînt egale între ele $r_R = r_S = r_T = r$, rezultă coeficineții de potențiali: $\alpha_{RS} = \alpha_{ST} = \alpha_{TR}$; $\alpha_{Rp} = \alpha_{Sp} = \alpha_{Tp}$.

În formula înălțimii medii geometrice avem relația:

$$h_{R,\,S,\,T} = H_{R,\,S,\,T} - 0{,}7f; \tag{2.20}$$

$H_{R,S,T}$ sînt înălțimile punctelor de suspensie ale conductoarelor active deasupra solului, iar f săgeata conductorului.

Efectuînd calculele, *capacitatea de serviciu pentru o linie transpusă* este:

$$C_{serv} = \frac{1}{\alpha_{RR} - \alpha_{RS}}. \tag{2.17d}$$

Coeficienții de potențial care intervin în formula (2.17d) au următoarele expresii:

$$\alpha_{RR} = 2 \cdot 9 \cdot 10^6 \ln (2h/r);$$

$$\alpha_{RS} = 2 \cdot 9 \cdot 10^6 \sqrt{(2h/d)^2 + 1},$$

astfel că *formula capacității de serviciu pentru o linie trifazată cu simplu circuit* este:

$$C_{serv} = \frac{1}{2 \cdot 9 \cdot 10^6 \ln \frac{2h}{r\sqrt{(2h/d)^2 + 1}}} = \frac{0{,}02414 \cdot 10^{-6}}{\lg \frac{2h}{r\sqrt{(2h/d)^2 + 1}}} \text{ [F/km]}; \tag{2.17e}$$

Neglijîndu-se influența pămîntului asupra capacității, în relația (2.17e) se face $d/h = 0$, *formula capacității de serviciu* devenind:

$$C_{serv} = \frac{0{,}02414 \cdot 10^{-6}}{\lg d/r} \text{ [F/km]}. \tag{2.17f}$$

Susceptanța capacitivă de serviciu a liniei cu simplu circuit la frecvența de 50 Hz este:

$$B_{serv} = \frac{7{,}58 \cdot 10^{-6}}{\lg d/r} \text{ [S/km]}. \tag{2.17g}$$

Susceptanța capacitivă de serviciu din formula (2.17g) se poate determina cu ajutorul diagramei din fig. 2.2, în funcție de raportul d/r; spre deosebire de reactanța de serviciu care se determină din diagramă în funcție de raportul d/r_{ech}.

Efectuînd în același mod calculele capacității de serviciu (C_{serv}) și ale capacității față de pămînt (C_p) ale liniilor electrice aeriene cu simplu sau dublu circuit, fără și cu unul sau mai multe conductoare de protecție, linii la care s-a realizat un ciclu complet de transpunere, se obțin *formulele generale*:

$$C_{serv} = \frac{1}{A_{RR} - A_{RS}}; \tag{2.21a}$$

$$C_p = \frac{1}{A_{RR} + 2A_{RS}}. \tag{2.22b}$$

Tabelul 2.1

Expresiile coeficienților A_{RR} și A_{RS}

Numărul de circuite	Linii fără conductoare de protecție	Linii cu conductoare de protecție
Linie simplu circuit	$A_{RR} = \alpha_{RR}$ $A_{RS} = \alpha_{RS}$	$A_{RR} = \alpha_{RR} - \alpha_p$ $A_{RS} = \alpha_{RS} - \alpha_p$
Linie cu dublu circuit	$A_{RR} = \alpha_{RR} + \alpha_{RR'}$ $A_{RS} = \alpha_{RS} + \alpha_{RS'}$	$A_{RR} = \alpha_{RR} + \alpha_{RR'} - 2\alpha_p$ $A_{RS} = \alpha_{RR} + \alpha_{RS'} - 2\alpha_p$

Coeficienții A_{RR} și A_{RS} au expresiile din tabelul 2.1, în care *coeficienții de potențial sînt dați de formulele*:

$$\alpha_{RR} = 41{,}44 \cdot 10^6 \lg \frac{2h}{r}; \tag{2.23a}$$

$$\alpha_{RS} = 41{,}44 \cdot 10^6 \lg \sqrt{\left(\frac{2h}{d}\right)^2 + 1}; \tag{2.23b}$$

$$\alpha_{RR'} = \alpha_{RS'} = 41{,}44 \cdot 10^6 \lg \sqrt{\left(\frac{2h}{d'}\right)^2 + 1}; \tag{2.23c}$$

$$\alpha_p = n \frac{(\alpha_{Rp})^2}{\alpha_{pp} + (n-1)\alpha_{pq}}; \tag{2.23d}$$

$$\alpha_{Rp} = 41{,}44 \cdot 10^6 \lg \sqrt{\frac{2h2h_p}{(d'_p)^2} + 1}; \tag{2.23e}$$

$$\alpha_{pp} = 41{,}44 \cdot 10^6 \lg \frac{2h_p}{r_p}; \tag{2.23f}$$

$$\alpha_{pq} = 41{,}44 \cdot 10^6 \lg \sqrt{\left(\frac{2h_p}{d_p}\right)^2 + 1}. \tag{2.23g}$$

În formulele (2.23 a, b, c, d, e, f, g) *distanțele și înălțimile* sînt date de următoarele relații:

$$h = \sqrt[3]{h_R h_S h_T}; \; d = \sqrt[3]{d_{RS} d_{ST} d_{TR}}; \tag{2.24a}$$

$$h_{R,\,S,\,T} = H_{R,\,S,\,T} - 0{,}7f; \tag{2.24b}$$

$$d' = \sqrt[9]{d_{RR'} d_{SR'} d_{TR'} d_{RS'} d_{SS'} d_{TS'} d_{RT'} d_{ST'} d_{TT'}}; \tag{2.24c}$$

$$\left.\begin{aligned} h_p &= h_{p1} && \text{— pentru un conductor de protecție} \\ h_p &= \sqrt{h_{p1} h_{p2}} && \text{— pentru două conductoare de protecție} \\ h_p &= \sqrt[3]{h_{p1} h_{p2} h_{p3}} && \text{— pentru trei conductoare de protecție} \end{aligned}\right\} \tag{2.24d}$$

d_p nu intră în calcule pentru un conductor de protecție

$d_p = d_{p1,2}$ — pentru două conductoare de protecție (distanța dintre ele)

$d_p = \sqrt[3]{d_{p1,2}d_{p23}d_{p31}}$ — pentru 3 conductoare de protecție (media geometrică a distanțelor dintre conductoare de protecție) ; (2.24e)

$$d'_p = \sqrt[3]{d_{Rp}d_{Sp}d_{Tp}} \quad \text{— pentru un conductor de protecție;} \tag{2.24f}$$

$$d'_p = \sqrt[6]{d_{Rp1}d_{Sp1}d_{Tp1}d_{Rp2}d_{Sp2}d_{Tp2}} \quad \text{— pentru două conductoare de protecție;} \tag{2.24g}$$

$$d'_p = \sqrt[9]{d_{Rp1}d_{Sp1}d_{Tp1}d_{Rp2}d_{Sp2}d_{Tp2}d_{Rp3}d_{Sp3}d_{Tp3}} \quad \text{— pentru 3 conductoare de protecție.} \tag{2.24h}$$

În formulele (2.23 a, b, c, d, e, f, g) și (2.24 a, b, c, d, e, f, g, h) s-au întrebuințat următoarele notații :

r — raza secțiunii conductorului activ ; r_p — raza secțiunii conductorului de protecție ; h — înălțimea conductorului activ deasupra solului ; h_p — înălțimea conductorului de protecție deasupra solului ; H — înălțimea punctelor de suspensie ale conductoarelor active deasupra solului ; d_{RS}, d_{ST}, d_{TR} — distanțele între conductoarele active ale unui circuit ; R, S, T — denumirile fazelor unui circuit sau primului circuit ; R', S', T' — denumirile fazelor celui de-al doilea circuit al unei linii ; p_1, p_2, p_3 — denumirile conductoarelor de protecție ; n — numărul conductoarelor de protecție ale unei linii.

Pentru fascicule de conductoare pe fază, în formula (2.23a), se introduce în locul razei secțiunii conductorului *raza echivalentă a fasciculului* :

$$\rho_e = \sqrt[n]{nrR^{n-1}} \ [\text{cm}] ; \tag{2.25}$$

n este numărul conductoarelor din fascicul ; r — raza secțiunii unui conductor din fascicul ; R — raza fasciculului (raza cercului pe care sînt așezate conductoarele fasciculului).

2.2. Calculul pierderilor de tensiune și de putere

Calculul electric al liniilor aeriene (determinarea pierderilor de tensiune și de putere) se poate face cu suficientă exactitate folosind schema echivalentă cu parametrii concentrați pentru lungimi de linii pînă la 200—300 km. Pentru lungimi de linii mai mari și pentru linii de foarte înaltă tensiune (400 kV și peste 400 kV) calculul se efectuează cu ajutorul ecuațiilor hiperbolice ale liniilor lungi.

Schema echivalentă cu parametrii concentrați ai unei linii aeriene (cuadripol în π) este dată în fig. 2.3 în care :

$$Z_l = R_L + jX_L \ [\Omega] ;$$

Z_l este impedanța liniei [Ω] ; R_L — rezistența liniei [Ω] ; X_L — reactanța inductivă [Ω] ; B — susceptanța capacitivă a liniei [S].

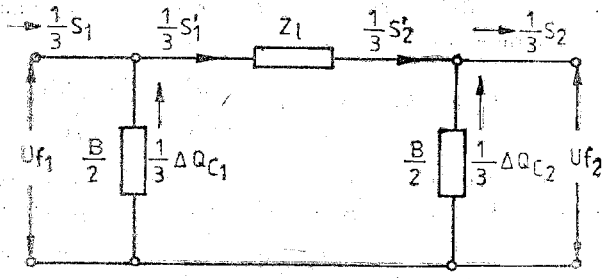


Fig. 2.3. Schema echivalentă a unei linii (cuadripol π).

Fără să se mai menționeze în mod special, în cele ce urmează prin reactanța inductivă și susceptanța capacitivă se înțeleg mărimile de serviciu, așa cum au fost definite la par. 2.1.

Parametrii liniilor fiind egali pe cele 3 faze și considerînd un sistem simetric de tensiune aplicate liniilor, iar sarcinile electrice (puteri active și reactive) conectate la bornele de ieșire fiind echilibrate, calculul liniilor se face pentru o fază, numai la calculul puterilor trebuie să se țină seama că linia este trifazată.

Sarcina electrică a liniei trifazate (puterea aparentă S_2 și componentele ei activă P_2 și reactivă Q_2) este:

$$\underline{S_2} = P_2 + jQ_2.$$

Pierderea de putere reactivă în susceptanța $B/2$ este: *pentru cele 3 faze*

$$\Delta Q_{c2} = 3U_{f2}^2 \frac{B}{2} = U_2^2 \frac{B}{2};$$

U_{f2} și U_2 sînt tensiunile pe fază, respectiv tensiunea între faze la bornele de ieșire ale liniei.

Puterea la ieșirea din impedanță este:

$$\underline{S_2'} = P_2 + j(Q_2 - \Delta Q_{c2}) = P_2' + jQ_2'.$$

Pierderea de putere ΔS_l *în impedanța* Z_l rezultă din relațiile:

$$\underline{\Delta S_l} = \Delta P_l + j\Delta Q_l = R_l \frac{(P_2')^2 + (Q_2')^2}{U_2^2} + jX_l \frac{(P_2')^2 + (Q_2')^2}{U_2^2}, \qquad (2.26a)$$

astfel că puterea la intrare în impedanța Z_l are valoarea

$$\underline{S_1'} = (P_2' + \Delta P_l) + j(Q_2' + \Delta Q_l) = P_1' + jQ_1',$$

iar puterea la bornele de intrare ale liniei este

$$\underline{S_1} = \underline{S_1'} - j\Delta Q_{c1} = P_1' + j(Q_1' - \Delta Q_{c1}) = P_1 + jQ_1;$$

ΔQ_{c1} este *puterea capacitivă* generată de susceptanța capacitivă conectată la bornele de intrare ale liniei:

$$\Delta Q_{c1} = 3U_{f1}^2 \frac{B}{2} = U_1^2 \frac{B}{2},$$

care se calculează cu ajutorul *tensiunii pe faze* U_{f1} sau a tensiunii între faze $U_1 = \sqrt{3}U_{f1}$ la bornele de intrare ale liniei:

$$\underline{U_{f1}} = \underline{U_{f2}} + \underline{Z_l}\underline{I_l} \text{ iar } \underline{I_l} = \frac{(S_2')^*}{3U_{f2}^*} = \frac{P_2' - jQ_2'}{3U_{f2}^*}.$$

Considerînd vectorul tensiunii U_{f2} ca origine de fază, expresia lui are numai parte reală deci $\underline{U_{f2}^*} = U_{f2}$, astfel *tensiunea* U_{f1} se exprimă astfel:

$$\underline{U_{f1}} = U_{f2} + (R_l + jX_l) \cdot \frac{P_2' - jQ_2'}{3U_{f2}} = U_{f2} + \frac{R_l P_2' + X_l Q_2'}{3U_{f2}} + \\ + \frac{X_l P_2' - R_l Q_2'}{3U_{f2}}. \tag{2.26b}$$

Tensiunea pe fază U_{f1} din expresia (2.21b) poate fi scrisă sub forma:

$$\underline{U_{f1}} = U_{f2} + \Delta U_f' + j\delta U_f'; \tag{2.26c}$$

$\Delta U_f'$ reprezintă *componenta longitudinală* și $\delta U_f'$ *componenta transversală a căderii de tensiune* (fig. 2.4):

$$\left.\begin{aligned} \Delta U_f' &= \frac{R_l P_2' + X_l Q_2'}{3U_{f2}} \\ \delta U_f' &= \frac{X_l P_2' - R_l Q_2'}{3U_{f2}} U_{f1} \end{aligned}\right\}. \tag{2.26d}$$

Modulul tensunii pe fază U_{f1} *la intrarea în linie* este:

$$U_{f1} = \sqrt{(U_{f2} + \Delta U_f')^2 + (\delta U_f')^2}. \tag{2.26e}$$

Pierderea de tensiune pe linie (diferența algebrică a tensiunilor) este:

$$U_{f1} - U_{f2} = \sqrt{(U_{f2} + \Delta U_f')^2 + (\delta U_f')^2} - U_{f2}. \tag{2.26f}$$

Căderea de tensiune (diferența vectorială a tensiunilor) se scrie:

$$\underline{U_{f1}} - \underline{U_{f2}} = \Delta U_f' + j\delta U_f', \tag{2.26g}$$

iar în forma complexă, *tensiunea pe fază la începutul liniei* se poate scrie:

$$\underline{U_{f1}} = (U_{f2} + \Delta U_f') + j\delta U_f'. \tag{2.26h}$$

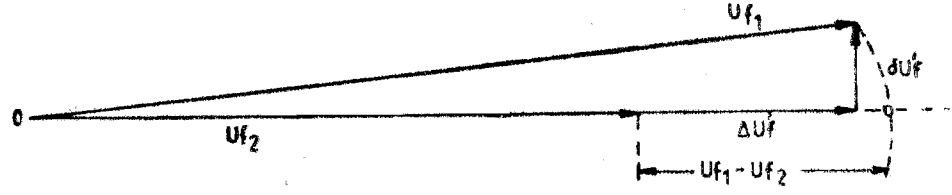


Fig. 2.4. Diagrama vectorială a tensiunilor liniei.

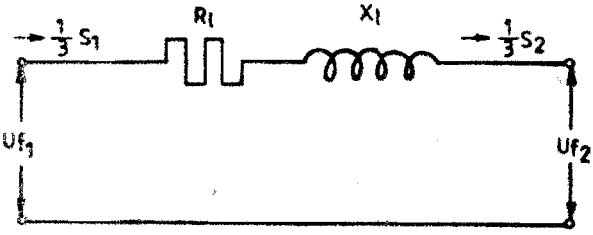


Fig. 2.5. Schema echivalentă a unei linii fără admitanțe transversale.

Pierderile de putere activă și reactivă pe linie se determină din diferențele puterilor la cele două capete ale liniei:

$$\Delta P = P_1 - P_2; \quad \Delta Q = Q_1 - Q_2. \tag{2.26i}$$

La liniile de medie tensiune pînă la 35 kV inclusiv, nu este necesar să se ia în considerare capacitatea liniei, deoarece puterea capacitivă generată de o astfel de linie este foarte mică. În acest caz *schema echivalentă a liniei este un dipol* (fig. 2.5), iar *formulele de calcul* (2.26 a, b, c, d, e, f, g, h, i) devin:

$$\underline{\Delta S_l} = R_l \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_2^2} + jX_l \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_2^2}; \tag{2.27a}$$

$$\underline{U_{f1}} = U_{f2} + \frac{R_l P_2 + X_l Q_2}{3U_{f2}} + j\frac{X_l P_2 - R_l Q_2}{3U_{f2}}; \tag{2.27b}$$

$$\underline{U_{f1}} = U_{f2} + \Delta U_f' + j\Delta U_f'; \tag{2.27c}$$

$$\Delta U_f' = \frac{R_l P_2 + X_l Q_2}{3U_{f2}}; \quad \delta U_f' = \frac{X_l P_2 - R_l Q_2}{3U_{f2}}; \tag{2.27d}$$

$$U_{f1} = \sqrt{(U_{f2} + \Delta U_f')^2 + (\delta U_f')^2}; \tag{2.27e}$$

$$\underline{S_1} = \left(P_2 + R_l \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_2^2}\right) + j\left(Q_2 + X_l \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_2^2}\right); \tag{2.27f}$$

$$U_1 = \sqrt{3}U_{f1}. \tag{2.27g}$$

La liniile de medie tensiune pînă la 35 kV inclusiv, care au lungimi relativ mici (pînă la 100 km cel mult), se ia în considerare numai componenta longitudinală a tensiunii, ceea ce simplifică mult calculele, mai ales la liniile cu mai multe sarcini, erorile de calcul introduse fiind foarte mici. În acest caz *modulul tensiunii pe fază la intrarea în linie* este:

$$U_{f1} = U_{f2} + \frac{1}{3U_{f2}}(R_l P_2 + X_l Q_2). \tag{2.28a}$$

În mod asemănător tensiunea pe fază la sfîrșitul liniei poate fi determinată în funcție de mărimile la intrarea liniei, neglijînd componenta transversală a căderii de tensiune

$$U_{f2} = U_{f1} - \frac{1}{3U_{f1}}(R_l P_1 + X_l Q_1). \tag{2.28b}$$

2.3. Calculul pierderilor de energie

Pierderile de energie electrică într-o linie trifazată se calculează cu formulele :

$$\Delta W = 3 \cdot 10^{-3} R \int_0^{T_0} I^2 \mathrm{d}t = 10^{-3} R \int_0^{T_0} \frac{S^2}{U^2} \mathrm{d}t =$$

$$= 10^{-3} R \int_0^{T_0} \frac{P^2}{U^2} \mathrm{d}t + 10^{-3} R \int_0^{T_0} \frac{Q^2}{U^2} \mathrm{d}t ; \qquad (2.29a)$$

ΔW este pierderea de energie pe linie [kWh] ; R — rezistența unui conductor de fază [Ω] ; T_0 — durata de timp pentru care se calculează pierderea de energie [h] ; t — timpul [h] ; I — valoarea eficace a curentului la timpul t [A] ; U, U_n — tensiunea între faze la timpul t și tensiunea nominală [kV] ; S, P, Q — puterea aparentă și componentele sale activă și reactivă la timpul t [kVA ; kW ; KVar].

Ținînd seama că tensiunile rețelelor variază în limite restrînse, se poate lua în considerare o valoare medie constantă a tensiunii, astfel că formula (2.29 a) devine :

$$\Delta W = 10^{-3} \frac{R}{U^2} \int_0^{T_0} S^2 \mathrm{d}t = 10^{-3} \frac{R}{U^2} \int_0^{T_0} P^2 \mathrm{d}t + 10^{-3} \frac{R}{U^2} \int_0^{T_0} Q^2 \mathrm{d}t. \qquad (2.29b)$$

Pentru calculul pierderii de energie în linie, dependentă de sarcină, este necesar să se calculeze integralele :

$$\int_0^{T_0} I^2 \mathrm{d}t ; \quad \int_0^{T_0} S^2 \mathrm{d}t ; \quad \int_0^{T_0} P^2 \mathrm{d}t ; \quad \int_0^{T_0} Q^2 \mathrm{d}t ; \qquad (2.30a)$$

pentru durata de timp considerată T_0 (o zi, o săptămînă, o lună, un an).

În calculul pierderilor se folosesc de asemenea următoarele mărimi :

1) *Valorile medii ale curentului,* respectiv *puterilor aparentă, activă și reactivă pe durata* T_0 :

$$\left.\begin{aligned} I_m &= \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} I \mathrm{d}t ; \quad S_m = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} S \mathrm{d}t ; \\ P_m &= \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} P \mathrm{d}t ; \quad Q_m = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} Q \mathrm{d}t. \end{aligned}\right\} \qquad (2.31a)$$

2) *Valorile medii pătratice ale curentului,* respectiv *puterilor aparentă, reactivă și activă pe durata* T_0:

$$\left.\begin{aligned} I_{mp} &= \frac{1}{T_0}\int_0^{T_0} I^2\mathrm{d}t\,; \quad S_{mp} = \frac{1}{T_0}\int_0^{T_0} S^2\mathrm{d}t \\ P_{mp} &= \frac{1}{T_0}\int_0^{T_0} P^2\mathrm{d}t\,; \quad Q_{mp} = \frac{1}{T_0}\int_0^{T_0} Q^2\mathrm{d}t \end{aligned}\right\} \tag{2.31b}$$

3) *Duratele pierderilor maxime sau numerele de ore ale pierderilor maxime în intervalul de timp* T_0:

$$\left.\begin{aligned} \tau_i &= \frac{1}{I_v^2}\int_0^{T_0} I^2\mathrm{d}t\,; \quad \tau_s = \frac{1}{S_v^2}\int_0^{T_0} S^2\mathrm{d}t \\ \tau_p &= \frac{1}{P_v^2}\int_0^{T_0} P^2\mathrm{d}t\,; \quad \tau_q = \frac{1}{Q_v^2}\int_0^{T_0} Q^2\mathrm{d}t \end{aligned}\right\} \tag{2.31c}$$

I_v, S_v, P_v, Q_v sînt curentul de vîrf, puterea aparentă de vîrf, puterea activă de vîrf, puterea reactivă de vîrf. Dat fiind că puterile aparentă, activă și reactivă de vîrf nu coincid în timp:

$$S_v^2 \neq P_v^2 + Q_0^2.$$

Luînd ca valori de bază timpul total T_0 și valorile de vîrf ale mărimilor I_v, S_v, P_v, Q_v, *valorile relative ale mărimilor care intervin în calculul pierderilor* sînt:

$$_* = \frac{t}{T_0}\,; \quad I_* = \frac{I}{I_v}\,; \quad S_* = \frac{S}{S_v}\,; \quad P_* = \frac{P}{P_v}\,; \quad Q_* = \frac{Q}{Q_v}\,;$$

$$I_{m*} = \frac{I_m}{I_v}\,; \quad S_{m*} = \frac{S_m}{S_v}\,; \quad P_{m*} = \frac{P_m}{P_v}\,; \quad Q_{m*} = \frac{Q_m}{Q_v}\,;$$

$$\tau_{i*} = \frac{\tau_i}{T_0}\,; \quad \tau_{s*} = \frac{\tau_s}{T_0}\,; \quad \tau_{p*} = \frac{\tau_p}{T_0}\,; \quad \tau_{q*} = \frac{\tau_q}{T_0}\,.$$

Mărimile τ_{i*}, τ_{s*}, τ_{p*}, τ_{q*} sînt valorile relative ale duratei pierderilor maxime corespunzătoare respectiv curentului, puterilor aparentă, activă și reactivă.

În unitățile relative, integralele din relațiile (2.30 a) se scriu astfel:

$$\left.\begin{aligned}
&\int_0^{T_0} I^2 \mathrm{d}t = I_v^2 T_0 \int_0^{T_0} I_*^2 \mathrm{d}t_* = I_v^2 T_0 \tau_{i*} \\
&\int_0^{T_0} S^2 \mathrm{d}t = S_v^2 T_0 \int_0^{T_0} S_*^2 \mathrm{d}t_* = S_v^2 T_0 \tau_{s*} \\
&\int_0^{T_0} P^2 \mathrm{d}t = P_v^2 T_0 \int_0^{T_0} P_*^2 \mathrm{d}t_* = P_v^2 T_0 \tau_{p*} \\
&\int_0^{T_0} Q^2 \mathrm{d}t = Q_v^2 T_0 \int_0^{T_0} Q_*^2 \mathrm{d}t_* = Q_v^2 T_0 \tau_{q*}
\end{aligned}\right\} \qquad (2.30b)$$

Pentru determinarea pierderilor de energie pe durata totală de calcul T_0, se pot calcula integralele din formulele (2.30 a) prin metode de integrare numerică sau grafică, pornind de la curbele de sarcină, ceea ce implică un volum mare de calcule și nu se poate aplica pentru cazurile în care nu se dispune de curbele de sarcină.

Metodele practice de calcul trebuie să permită determinarea pierderilor de energie, cu o precizie suficient de bună, pornind de la un număr minim de informații, și anume:

— valoarea de vîrf a puterilor activă și reactivă;
— valoarea medie a puterilor activă și reactivă;
— valoarea minimă (de bază) a puterilor activă și reactivă;
— durata de calcul a pierderilor.

Nu se calculează pierderile de energie, pe baza unor date de pornire asupra curentului și puterii aparente, deoarece în rețele nu se ține evidența variației acestor mărimi.

Calculul pierderilor de energie printr-una din metodele practice se face cu ajutorul duratei pierderilor maxime (în ore sau unități relative).

Formulele de calcul al duratei relative a pierderilor maxime sînt valabile pentru pierderile datorate atît circulației puterilor active cît și circulației puterilor reactive. De aceea în continuare vom nota:

τ_y — durata relativă a pierderilor maxime referitoare la puterile activă și reactivă; y — valoarea relativă a puterii active sau reactive la timpul t_*; y_m — valoarea relativă a puterii medii active sau reactive; y_b — valoarea relativă a puterii minime (de bază) active sau reactive.

Durata relativă a pierderilor maxime τ_y variază între două limite corespunzătoare curbelor de sarcină în mărimi relative din fig.2.6. Curba de sarcină din fig. 2.6*a* corespunde pierderii de energie maxime, iar cea din fig. 2.6 *b* pierderii de energie minime.

Făcînd pe Δx și Δy să tindă către zero și punînd condiția de egalitate a sarcinii medii relative y_m pentru cele două curbe, rezultă:

$$x_0 = \frac{y_m - y_b}{1 - y_b}; \quad y_0 = y_m - y_b.$$

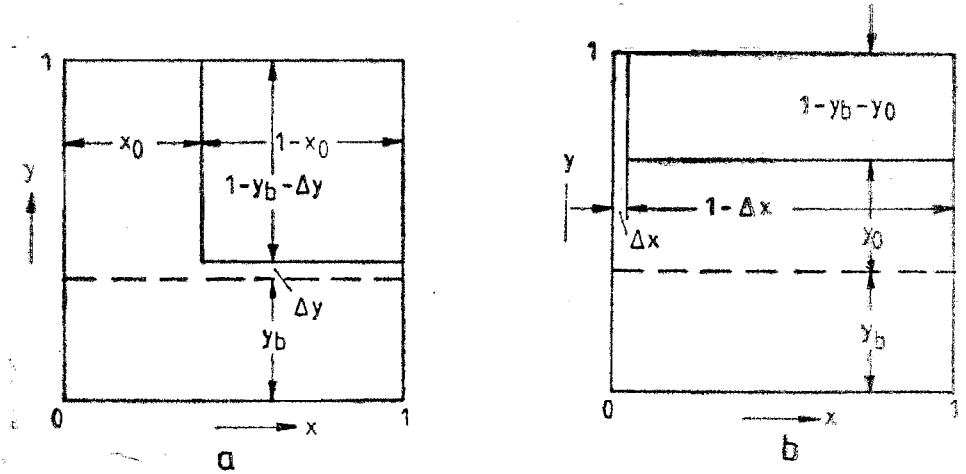


Fig. 2.6. Curbe clasate de sarcină limită (cu sarcină de bază).

Făcînd calculele, rezultă:

— pentru curba de sarcină din fig. 2.6*a* valorile limită superioare ale duratei relative:

$$\tau_{y\,sup} = y_m(1 + y_b) - y_b; \tag{2.31a}$$

— pentru curba de sarcină din fig. 2.6*b*, valorile limită inferioare ale duratei relative:

$$\tau_{y\,inf} = y_m^2. \tag{2.31b}$$

Pentru o anumită valoare y_b ecuația $\tau_{y\,sup} = f(y_m)$ este o dreaptă, iar ecuația $\tau_{y\,inf} = y_m^2$ o parabolă. Dreapta $\tau_{y\,sup} = f(y_m)$ pentru o anumită valoare y_b, care reprezintă curba limită superioară, taie axa τ_y în punctul $\tau_y = -y_b$ și trece prin punctul de coordonate $y_m = 1$; $\tau_y = 1$ (fig. 2.7).

Dreptele limită reprezentînd ecuația (2.31 a) nu au sens decît pentru valori ale puterii medii relative mai mari sau cel puțin egale cu sarcina de bază relativă, deci pentru $y_m \geqslant y_b$, deci porțiunile de valabilitate se află în interiorul parabolei, reprezentînd ecuația (2.31 b), care este curba limită inferioară.

Diferența $\Delta\tau_y$ dintre valorile limită ale duratei relative sînt cu atît mai mici cu cît sarcina de bază ralativă y_b este mai mare, deci cu atît mai mult se îngustează domeniul de variație a duratei relative (v. fig. 2.7). Astfel, pentru $y_b = 0$, diferența maximă este 0,25, pentru $y_b = 0{,}2$ diferența maximă este 0,16, pentru $y_b = 0{,}4$ este 0,09, pentru ca să scadă la 0,04 pentru $y_b = 0{,}6$ și la 0,01 pentru $y_b = 0{,}8$.

Ținînd seama de limitele de variație a duratei relative a pierderilor maxime pentru curbe clasate de sarcină cu sarcină de bază, *calculul duratei relative* τ_y se face cu media aritmetică a valorilor limită:

$$\tau_y = \frac{1}{2}y_m^2 + \frac{1}{2}\cdot(1 + y_b)y_m - \frac{1}{2}\cdot y_b =$$

$$= -\frac{1}{2}(1 - y_m)y_b + \frac{1}{2}y_m(1 + y_m). \tag{2.32}$$

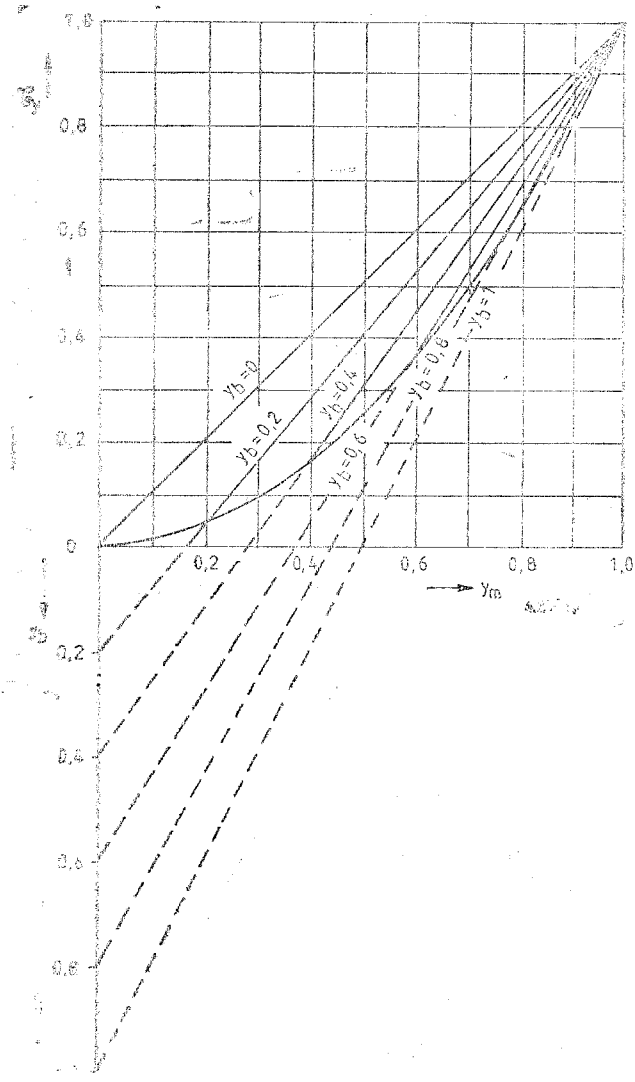


Fig. 2.7. Curbele limită ale duratei relative a pierderii maxime τ_y în funcție de valoarea relativă a puterii medii y_m.

Reprezentînd pe τ_y în funcție de y_b, se obține o familie de drepte, avînd pe y_m ca parametru (fig. 2.8), obținîndu-se astfel o abacă de calcul al valorilor duratei relative.

Variația puterilor reactive fiind practic independentă de variația puterilor active, este necesar să se calculeze separat pierderea de energie dată de circulația puterilor active și cea dată de circulația puterilor reactive.

Formula pentru calculul pierderii de energie într-o linie în intervalul T_0 este:

$$\Delta W_l = 10^{-3}\frac{R}{U^2}\int_0^{T_0} P^2 \mathrm{d}t + 10^{-3}\frac{R}{U^2}\int_0^{T_0} Q^2 \mathrm{d}t = 10^{-3}\frac{RT_0}{U^2}(P_v^2\tau_{p^*} + Q_v^2\tau_{q^*}). \quad (2.33)$$

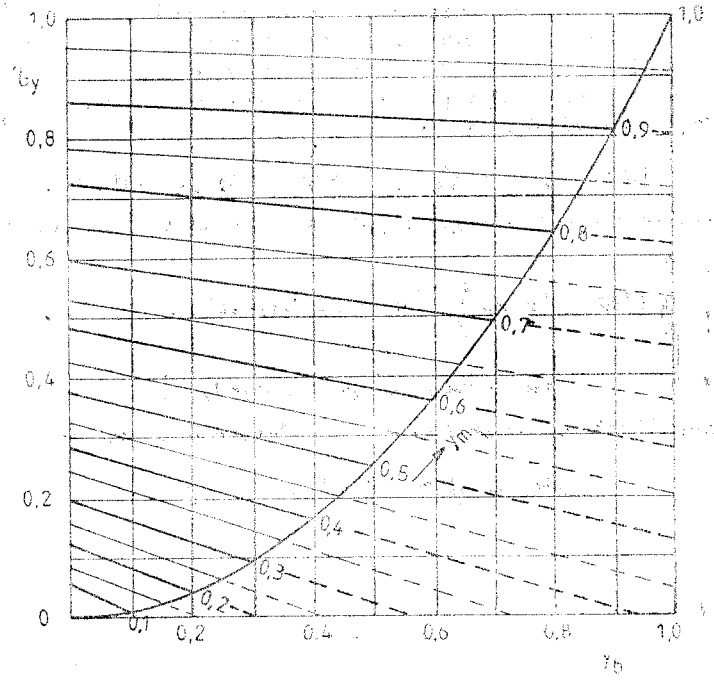


Fig. 2.8. Abacă pentru determinarea duratei relative τ_y în funcție de valorile relative ale puterii medii y_m și ale puterii de bază y_b.

Duratele relative τ_{p*} și τ_{q*} se determină cu ajutorul formulei (2.32) sau abacei din fig. 2.8. Determinarea pierderilor prin metoda duratelor relative este cu atît mai exactă, cu cît intervalul de timp T_0 considerat este mai mare.

Dacă nu se cunosc valorile de bază ale sarcinilor, se poate face un *calcul aproximativ*, fie apreciind aceste valori de bază, fie introducînd în formula (2.32) dependența funcțională $y_b = y_m^2$, astfel că:

$$\tau_y = \frac{1}{2} y_m (1 + y_m^2). \qquad (2.34)$$

Valorile duratei relative τ_y, calculate cu formula (2.34) în funcție numai de sarcina medie relativă, sînt date în tabelul 2.2.

Tabelul 2.2

Valorile duratei relative τ_y în funcție de sarcina medie relativă y_m conform formulei (2.32)

y_m	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
τ_y	0	0,051	0,104	0,164	0,232	0,313	0,408	0,522	0,656	0,815	1,00

Cînd sînt cunoscute numai puterile active medii și de vîrf și energia reactivă în intervalul de timp T_0, se pot determina numai foarte aproximativ pierderile de energie, luîndu-se în considerare un factor de putere constant, egal cu factorul de putere mediu, rezultat ca raport al energiilor reactivă W_q și activă W_p. Astfel:

$$\operatorname{tg}\varphi = Q/P = Q_v/P_v = \text{const} = \operatorname{tg}\varphi_m = W_q/W_p.$$

În această ipoteză, integrala pătratelor puterilor reactive devine:

$$\int_0^{T_0} Q^2 \mathrm{d}t = \operatorname{tg}^2\varphi_m \int_0^{T_0} P^2 \mathrm{d}t = P_v^2 T_0 \tau_{p*} \operatorname{tg}^2\varphi_m = Q_v^2 T_0 \tau_{q*};$$

$$\tau_{p*} = \tau_{q*}; \quad Q_v^2 \tau_{q*} = P_v^2 \tau_{p*} \operatorname{tg}^2\varphi_m.$$

Formula (2.33) a pierderii de energie devine în acest caz:

$$\Delta W_l = 10^{-3} \frac{RT_0}{U^2} P_v^2 \tau_{p*} (1 + \operatorname{tg}^2\varphi_m). \tag{2.35}$$

3. CONDUCTOARE ACTIVE ȘI DE PROTECȚIE

3.1. Caracteristicile constructive ale conductoarelor LEA

3.1.1. Caracteristici generale

În mod obișnuit conductoarele liniilor electrice aeriene se fabrică din aluminiu, oțel sau aliaje de aluminiu; mai rar și numai în cazuri speciale din cupru sau bronz.

Caracteristicile tehnice principale ale materialelor pentru conductoare LEA sînt date în tabelul 3.1.

3.1.2. Forma conductoarelor

Conductoarele LEA pot fi:

— monofilare (masive), dintr-o singură sîrmă cu secțiune rotundă, numai pentru secțiuni mici;

— multifilare, sub formă de funie.

Conductoarele funie pot fi constituite din fire cu aceleași secțiuni sau din fire cu două secțiuni diferite.

Conductoarele multifilare pot fi:

— monometalice;

— bimetalice, cum este cazul conductoarelor din aluminiu-oțel sau aliaj de aluminiu-oțel.

Se construiesc conductoare de formă tubulară, fie din mai multe fire circulare, fie din profile segment.

Pentru linii de joasă tensiune se mai întrebuințează conductoare torsadate, formate din unul sau mai multe conductoare de aluminiu izolate cu PVC, răsucite în jurul unui conductor din aluminiu-oțel de asemenea izolat cu PVC.

Tabelul 3.1

Caracteristicile tehnice ale materialelor pentru conductoarele LEA

Nr. crt.	Mărimea caracteristică	UM	Aluminiu	Oțel			Alcoro (aliaj de aluminiu)	Cupru electrotehnic		Bronz
				A	*B*	*C*		Moale	Tare	
1	Greutatea specifică γ	[daN/dm^3]	2,647	7,647	7,647	7,647	2,647	8,735	8,9	7,40—8,90
2	Rezistența specifică la rupere σ_r	[daN/mm^2]	15,70	37,20	11,76	13,73	29,40	21	38,2	50—85
3	Modulul de elasticitate E	$\left[\frac{daN}{mm^2} 10^3\right]$	5,50	18,80	19,60	19,60	5,60	13	10,6	9—13
4	Coeficientul mediu de dilatație termică liniară λ la 20 °C	[10^{-6}/grd]	23,80	11,00	11,00	23,00	11,00	16,42	16,42	16,60
5	Rezistivitatea $\rho_{20°C}$	$\left[\frac{\Omega mm^2}{m} 10^{-2}\right]$	2,826	14,20	25,20	25,20	3,28	1,748	1,748	1,92—11,00
6	Coeficientul de variație a rezistivității cu temperatura α	[10^{-3}/grd]	4,03	4,50	4,50	4,50	3,60	3,93	3,93	4,00

3.1.3. Conductoare din aluminiu

Se execută din sîrmă rotundă de aluminiu electrotehnic (Al 99,7 E), trasă la rece, conform STAS 3033—78, cu grad de ecruisare tare, tip *C*, avînd caracteristicile din tabelul 3.2.

Tabelul 3.2

Caracteristicile sîrmelor rotunde de aluminiu folosite pentru construcția conductoarelor electrice

Diametrul nominal [mm]	Abaterile limită la diametru [mm]	Secțiunea nominală [mm²]	Masa informativă [kg/km]	Rezistența minimă la rupere [N/mm²]
1,70	±0,025	2,27	6,13	188
1,80		2,55	6,87	184
2,10		3,46	9,35	180
2,25		3,98	10,7	180
2,45		4,71	12,7	176
2,50		4,90	13,3	176
2,70	±0,027	5,73	15,4	172
2,80	±0,028	6,16	16,6	169
2,90	±0,029	6,61	17,8	169
3,00	±0,030	7,07	19,1	169
3,20	±0,032	8,04	21,7	165
3,40	±0,034	9,08	24,5	164
3,60	±0,036	10,18	27,4	162
3,80	±0,038	11,34	30,6	160
4,00	±0,040	12,57	33,9	160

Caracteristicile conductoarelor din aluminiu standardizate în România (STAS 3032—80) sînt date în tabelul 3.3.

Notarea se face indicînd secțiunea nominală a conductorului, simbolul metalului și numărul standardului; pentru conductoarele funie de 50 mm², existînd două tipuri constructive (cu 7 și 19 fire) se indică și numărul de fire din conductor.

Exemplu:
— conductor funie 70 Al, STAS 3032—80;
— conductor funie 50/19 Al, STAS 3032—80.

Conductoarele se ambalează și se livrează pe tambure de lemn, STAS 5674—74 cu lungimi de tambur de:

— 1000 m sau multipli de 1000 m pentru secțiuni nominale de 16 ... 50 mm²;

— 500 m sau multipli de 500 m pentru secțiunile nominale de 70 .. 400 mm².

3.1.4. Conductoare din oțel zincat

Se execută din sîrmă rotundă de oțel zincat, avînd conform STAS 3732—80 rezistența minimă de rupere la tracțiune clasificată în 3 categorii: *A*, *B* și *C* (tabelul 3.1).

Tabelul 3.3

Conductoarele de aluminiu nelzolate pentru LEA (STAS 3032-80)

Secțiunea nominală [mm²]	Secțiunea reală (calculată) [mm²]	Diametrul unui fir [mm]	Numărul de fire	Diametrul conductorului [mm]	Forța de rupere [daN]	Rezistența electrică la 20°C [Ω/km]	Masa [kg/km]	
							Negresat	Gresat
16	15,89	1,70	7	5,1	284	1,808	44	45,4
25	24,25	2,10	7	6,3	414	1,180	67	69,4
35	34,36	2,50	7	7,5	574	0,833	94	97,3
50	49,48	3,00	7	9,0	790	0,578	135	140
50	48,36	1,80	19	9,0	845	0,595	133	139
70	65,82	2,10	19	10,5	1125	0,437	181	187
95	93,27	2,50	19	12,5	1560	0,308	256	265
120	117,0	2,80	19	14,0	1870	0,245	322	334
150	147,1	2,25	37	15,75	2515	0,196	406	418
185	181,6	2,50	37	17,50	3036	0,158	501	519
240	242,5	2,25	61	20,25	3928	0,119	670	694
300	299,4	2,50	61	22,50	4742	0,096	827	856
400	402,9	2,90	61	26,1	6128	0,071	1112	1151

Sîrmele se acoperă pe cale electrolitică sau la cald cu un strat de zinc, conform STAS 646—76, care poate fi:

G — cu strat gros de zinc;
g — cu strat subțire de zinc.

Caracteristicile sîrmelor de oțel sînt conform tabelului 3.4.

Caracteristicile conductoarelor din oțel zincat standardizate în România (STAS 3734-71) sînt date în tabelul 3.5.

3.1.5. Conductoare din aluminiu-oțel

Sînt constituite dintr-o inimă de oțel zincat categoria *C* avînd caracteristicile din tabelul 3.4 peste care se înfășoară unul sau mai multe straturi din fire de aluminiu cu grad de ecruisare tare, cu caracteristicile conform tabelului 3.2.

În tabelul 3.6 sînt indicate caracteristicile principale ale conductoarelor de aluminiu-oțel care se fabrică în țară (STAS 3000—80).

Raportul între secțiunea firelor de aluminiu și a celor de oțel poate fi diferit, în funcție de calitățile electrice și mecanice care se cer conductorului respectiv. Pentru construcția normală este folosit raportul de circa 6:1, iar pentru rezistențe mecanice mari sînt folosite rapoarte variind între 1,7:1 și 4,6:1.

În notarea conductoarelor este necesar să se indice atît secțiunea nominală a firelor de aluminiu, cît și cea a firelor de oțel.

Exemplu:

Conductor Al—01 95/15 STAS 3000—80.

Tabelul 3.4

Caracteristicile sîrmelor rotunde de oțel zincate folosite pentru construcția conductoarelor electrice

Diametrul nominal [mm]	Secțiunea [mm²]	Masa [kg/km]	Forța de rupere la tracțiune [N]			Rezistența electrică la 20°C [Ω/km]		Masa stratului de zinc [g/m²]	
			Categoria sîrmei					Cu strat gros	Cu strat subțire
			A	*B*	*C*	*A*	*B, C*		
0,90	0,636	4,99	250	—	—	257	—	100	60
1,15	1,045	8,16	390	—	—	153	—	120	70
1,40	1,54	12,08	490	—	—	102	—	180	80
1,45	1,65	12,9	—	1940	2265	—	152	180	80
1,65	2,14	16,8	—	2510	2940	—	117	190	90
1,80	2,57	20,0	1000	2990	3530	55	97	200	90
1,95	2,99	23,4	—	3520	—	—	84	200	90
2,00	3,14	24,6	1240	3695	4330	45	80	200	100
2,10	3,46	27,2	—	4075	4760	—	75	210	100
2,25	3,97	31,2	1560	4575	5440	35	63	230	100
2,40	4,52	35,5	—	5325	6190	—	55	230	100
2,50	4,91	38,5	1920	5770	6740	29	51	230	100
2,55	5,11	40,0	—	6010	—	—	49	230	100
2,70	5,73	45,0	—	6745	—	—	44	240	110
2,80	6,16	48,3	2410	7260	8450	23	41	240	110
3,00	7,07	55,6	2770	8350	9590	20	36	240	110
3,20	8,03	63,1	—	9450	11020	17,5	31	250	110
4,00	12,57	98,6	4920	—	—	11,2	—	—	120

Tabelul 3.5

Conductoarele din oțel zincat pentru LEA (STAS 3734-71)

Secțiunea nominală [mm²]	Numărul de fire [buc]	Diametrul conductorului [mm]	Forța de rupere *N* [daN]			Rezistența electrică la 20°C [Ω/km]		Masa [kg/km]
			Categoria sîrmei					
			A	*B*	*C*	*A*	*B, C*	
16	7	5,1	588	1764	2058	8,8	16,0	127
25	7	6,3	592	2670	3116	5,8	10,0	194
35	7	7,5	1269	2802	4420	4,1	7,3	275
50	7	9,0	1823	—	—	2,8	—	396
50	19	9,0	1784	5341	6243	2,9	5,2	386
70	19	10,5	2420	7276	8457	2,1	3,8	528
95	19	12,5	3440	—	—	1,5	—	750
95	37	12,6	3469	10393	12162	1,5	2,7	751
120	19	14,0	4312	—	—	1,2	—	940
120	37	14,0	4283	12804	15014	1,2	2,2	935
150	37	15,8	5353	16307	18973	1,0	1,7	1185
185	37	17,4	6693	21090	23407	0,8	1,4	1460

Conductoarele din aluminiu-oțel

Construcția	Secțiunea nominală [mm²]	Secțiunea reală (calculată) [mm²]			Raportul secțiunilor aluminiu-oțel	Diametrul conductorului [mm]	Inima de oțel		
		Aluminiu	Oțel	Totală			Numărul de fire [buc]	Diametrul unui fir [mm]	Diametrul inimii [mm]
Normală	25/4	23,9	4,0	27,9	6	6,8	1	2,25	2,25
	35/6	34,3	5,7	40,0	6	8,1	1	2,70	2,70
	50/8	48,3	8,0	56,3	6	9,6	1	3,20	3,20
	70/12	66,2	11,6	77,8	5,7	11,6	7	1,45	4,35
	95/15	90,0	15,0	105,0	6	13,4	7	1,65	4,95
	120/21	122,6	20,9	143,5	5,8	15,7	7	1,95	5,85
	185/32	183,8	31,7	215,5	5,8	19,2	7	2,40	7,20
	240/40	236,0	40,1	276,1	5,9	21,7	7	2,70	8,10
	300/50	294,9	49,5	344,4	6	24,2	7	3,00	9,00
	450/75	445,1	75,5	520,6	5,9	29,2	19	2,25	11,25
	680/85	678,6	85,9	764,5	7,7	36,0	19	2,40	12,00
Întărită	95/55	96,5	56,3	152,8	1,7	16,0	7	3,20	9,60
	300/69	305,4	69,0	374,4	4,5	25,15	19	2,15	10,75
	450/97	449,0	96,9	545,9	4,6	30,2	19	2,55	12,75
	185/43	184,8	43,1	227,9	4,3	19,6			
	240/56	241,2	56,2	297,4	4,3	22,4			

Caracteristicile unor conductoare din aluminiu-oțel

Cod	Secțiunea reală (calculată) [mm²]		Diametrul conductorului [mm]	Inima de oțel		
	Aluminiu	Total		Numărul de fire [buc]	Diametrul unui fir [mm]	Diametrul inimii [mm]
				A. STANDARD ASTM-3		
FINCH	564,0	636,9	32,83	19	2,189	10,95
BLUE JAY	564,0	603,3	31,96	7	2,664	7,992
CURLEW	523,7	691,3	31,62	7	3,513	10,54
CANARY	456,0	515,1	29,51	7	3,279	9,837
DRAKE	402,8	468,6	28,13	7	3,454	10,36
EAGLE	282,0	347,7	24,21	7	3,459	10,38
HAWK	241,7	280,8	21,78	7	2,765	8,025
IBIS	201,4	234,0	19,88	7	2,441	7,323
LINNET	170,5	198,0	18,28	7	2,245	6,735
PENGUIN	107,2	125,1	14,31	1	4,770	4,770
WORKING	96,68	153,1	16,02	7	3,203	9,609
				B. STANDARD BS-215		
ZEBRA	428,9	484,5	28,62	7	3,18	9,54
BISON	381,7	431,2	27,00	7	3,00	9,00
BEAR	264,4	326,1	23,45	7	3,35	10,05
PANTHER	212,1	261,5	21,00	7	3,00	9,00
LYNX	183,4	226,2	19,53	7	2,79	8,37
DINGO	158,7	167,5	16,75	1	3,35	3,35
WOLF	158,1	194,9	18,13	7	2,59	7,77
TIGER	131,2	161,8	16,52	7	2,36	7,08
DOG	105,0	118,5	14,15	7	1,57	4,71
HORSE	73,37	116,2	13,95	7	2,79	8,37

Tabelul 3.5

pentru LEA (STAS 3000-80)

Mantaua de aluminiu			Forța de rupere N [daN]	Rezistența electrică la 20°C [Ω/km]	Masa [kg/km]	
Numărul de fire [buc]	Diametrul unui fir [mm]	Numărul de straturi [buc]			Negresat	Gresat
6	2,25	1	886	1,202	96,6	100
6	2,7	1	1234	0,835	139,2	144
6	3,2	1	1710	0,594	195,3	202
26	1,8	2	2520	0,437	272,4	283
26	2,1	2	3335	0,321	366	380
26	2,45	2	4560	0,236	503	522
26	3,0	2	6620	0,157	757	786
26	3,4	2	8580	0,122	968	1004
26	3,8	2	10660	0,098	1205	1250
63	3,0	3	16150	0,066	1828	1890
54	4,0	3	21040	0,043	2570	2660
12	3,2	1	7965	0,300	712	737
30	3,6	2	13170	0,096	1390	1438
68	2,9	3	17500	0,065	2016	2086
			8130		850	880
			10550		1110	1149

Tabelul 3.7

fabricate după normele americane și englezești

Mantaua de aluminiu		Forța de rupere N [daN]	Rezistența electrică la +20°C [Ω/km]	Masa [kg/km]
Numărul de fire [buc]	Diametrul unui fir [mm]			
333-74 (AMERICAN)				
54	3,647	17460	0,05144	2131
45	3,995	13340	0,05118	1868
54	3,513	16280	0,05518	1980
54	3,279	14220	0,06332	1725
26	4,442	14030	0,07167	1628
30	3,459	12360	0,1027	1297
26	3,439	8680	0,1196	976,5
26	3,139	7230	0,1435	813,4
26	2,888	6270	0,1696	688,5
6	4,770	3720	0,2666	433,1
12	3,203	8330	0,2986	708,9
PART 2-1970 (ENGLEZESC)				
54	3,18	13190	0,0674	1621
54	3,00	12090	0,07574	1443
30	3,35	11120	0,1093	1214
30	3,00	9225	0,1363	974
30	2,79	7980	0,1576	842
18	3,35	3570	0,1815	506
30	2,59	6920	0,1828	726
30	2,36	5800	0,2202	602
6	4,72	3270	0,2733	394
12	2,79	6120	0,3936	538

Livrarea conductoarelor de aluminiu-oţel se face pe tambure de lemn, STAS 5674—76, în lungimi de 1000 m sau multipli de 1000 m pentru secţiuni nominale de 16—50 mm² şi în lungimi de 500 m sau multipli de 500 m pentru secţiuni nominale de 70—680 mm².

În tabelul 3.7 sînt date caracteristicile unor conductoare de aluminiu-oţel şi aliaje de aluminiu-oţel construite după standardele americane şi britanice, care sînt identificate printr-un nume de cod.

3.1.6. Conductoare din cupru

Se utilizează rar, numai în cazuri cu totul speciale. Caracteristicile tehnice sînt date în tabelul 3.8.

Tabelul 3.8

Conductoarele de cupru neizolate pentru LEA (CS 404-75)

Secţiunea nominală [mm²]	Numărul de fire [buc]	Diametrul conductorului [mm]	Forţa de rupere N [daN]	Rezistenţa electrică la 20°C [Ω/km]	Masa [kg/km]
6	1	2,7	228	3,059	52
10	1	3,5	379	1,839	87
10	7	4,0	360	1,899	89
16	1	4,7	588	1,126	142
16	7	5,0	575	1,184	142
25	7	6,3	907	0,751	224
35	7	7,5	1251	0,544	309
35	19	7,5	1258	0,543	312
50	19	9,0	1807	0,378	448
70	19	10,7	2631	0,270	628
95	19	12,5	3395	0,201	842
120	37	14,1	4340	0,157	1028
150	37	15,7	5394	0,126	1339
185	37	17,4	6612	0,103	1642
240	37	19,9	8734	0,078	2169
240	61	19,9	8657	0,079	2153
300	61	20,2	10811	0,063	2686

3.1.7. Conductoare din aliaj de aluminiu

S-au realizat în ţara noastră conductoare din aliaj de aluminiu cu Si, Mg şi Fe denumite *alcoro, însă nu sînt introduse în fabricaţie de serie.*

3.1.8. Conductoare torsadate

La liniile de joasă tensiune 380/220V se pot folosi conductoare torsadate compuse dintr-un conductor din aluminiu-oţel izolat cu policlorură de vinil *(PVC)*, plastifiantă, rezistentă la intemperii, în jurul căruia sînt răsucite

unul sau mai multe conductoare din aluminiu, izolate de asemenea cu *PVC*, formînd în total un fascicul (toron).

Conductorul de aluminiu-oţel are un rol mecanic, de susţinere a conductoarelor de aluminiu şi un rol electric, fiind folosit drept conductor de nul; de aceea se mai numeşte şi nul purtător.

Conductoarele torsadate sînt folosite la construcţia reţelelor de joasă tensiune pe stîlpi şi pe faţadele clădirilor şi la execuţia branşamentelor şi prezintă o serie de avantaje faţă de conductoarele neizolate prin: eliminarea izolatoarelor, uşurarea execuţiei, creşterea gradului de siguranţă în funcţionare, reducerea pericolelor de electrocutare etc.

Conductoarele componente au caracteristicile din tabelul 3.9, iar componenţa fasciculelor, caracteristicile şi domeniile de folosire sînt date în tabelul 3.10.

Tabelul 3.9

Caracteristicile conductoarelor componente ale conductoarelor torsadate

Materialul conductorului	Secţiunea nominală [mm²]	Numărul şi diametrul firelor [nr × mm]	Grosimea radială a izolaţiei [mm]	Diametrul exterior nominal [mm]	Rezistenţa electrică [Ω/km]	Reactanţa electrică la 20°C [Ω/km]	Intensitatea maximă admisă în regim de durată [A]
Sîrmă de aluminiu STAS 3033-78	16	1×4,5 7×1,7	1,8	8,1 8,7	1,802	0,098	75
	25	1×5,6 7×2,1	1,8	9,1 9,9	1,181	0,097	97
	35	7×2,5	1,8	11,3	0,833	0,089	119
	50	19×1,8	2,0	13,5	0,579	0,086	141
	70	19×2,1	2,0	14,5	0,437	0,084	180
Oţel-aluminiu STAS 3000-80	50/8	1×3,2+ +6×3,2	2,0	15,9	—	—	—

Conductoarele torsadate pot fi utilizate la temperaturi între −30°C şi +60°C şi la altitudini de maximum 2000 m, în medii lipsite de pulberi bune conducătoare de electricitate şi de substanţe chimic active.

Temperatura minimă de montaj: +5°C.

3.2. Secţiuni minime admise

Pentru liniile electrice aeriene cu tensiunea nominală peste 1000 V normativul PE 104/85 prevede următoarele secţiuni minime:

— 25 mm² pentru conductoarele de aluminiu-oţel, aliaj de aluminiu-oţel şi aliaj de aluminiu;

Tabelul 3.10

Fasciculele conductoarelor torsadate

Simbolizarea și componența conductorului	Diametrul fasciculului [mm]	Masa fasciculului [kg/m]	Utilizarea
TYIR 50 01-Al + 16 Al	25,5	0,404	Rețele monofazate
TYIR 50 01-Al + 25 Al	26,9	0,434	
TYIR 50 01-Al + 2 × 16 Al	25,5	0,500	Rețele bifazate
TYIR 50 01-Al + 2 × 25 Al	26,9	0,560	
TYIR 50 01-Al + 3 × 16 Al	27,4	0,596	Rețele trifazate
TYIR 50 01-Al + 3 × 25 Al	31,2	0,686	
TYIR 50 01-Al + 3 × 35 Al	35,8	0,859	
TYIR 50 01-Al + 3 × 50 Al	37,8	1,056	
TYIR 50 01-Al + 3 × 70 Al	42,5	1,292	
TYIR 50 01-Al + 3 × 16 Al + 16 Al	24,8	0,692	Rețele trifazate de distribuție și iluminat public monofazat
TYIR 50 01-Al + 3 × 25 Al + 16 Al	29,0	0,782	
TYIR 50 01-Al + 3 × 35 Al + 16 Al	33,0	0,955	
TYIR 50 01-Al + 3 × 50 Al + 16 Al	37,8	1,151	
TYIR 50 01-Al + 3 × 70 Al + 16 Al	42,5	1,398	
TYIR 50 01-Al + 3 × 16 Al + 2 × 16 Al	24,8	0,768	Rețele trifazate de distribuție și iluminat public bifazat
TYIR 50 01-Al + 3 × 25 Al + 2 × 16 Al	29,0	0,879	
TYIR 50 01-Al + 3 × 35 Al + 2 × 16 Al	33,0	1,051	
TYIR 50 01-Al + 3 × 50 Al + 2 × 16 Al	37,8	1,248	
TYIR 50 01-Al + 3 × 70 Al + 2 × 16 Al	42,5	1,495	
TYIR 50 01-Al + 3 × 16 Al + 3 × 16 Al	31,6	0,884	Rețele trifazate de distribuție și iluminat public trifazat
TYIR 50 01-Al + 3 × 25 Al + 3 × 16 Al	33,2	0,974	
TYIR 50 01-Al + 3 × 35 Al + 3 × 16 Al	34,8	1,147	
TYIR 50 01-Al + 3 × 50 Al + 3 × 16 Al	37,8	1,344	
TYIR 50 01-Al + 3 × 70 Al + 3 × 16 Al	42,5	1,591	
TYIR 50 01-Al + 3 × 35 Al + 3 × 25 Al	36,4	1,247	
TYIR 50 01-Al + 3 × 50 Al + 3 × 25 Al	38,3	1,429	
TYIR 50 01-Al + 3 × 70 Al + 3 × 25 Al	42,5	1,670	

Semnificația simbolurilor :

T — fascicul de conductoare torsadate ;
Y — izolație din PVC ;
I — rezistent la intemperii ;
R — rezistent la ardere ;
50 01-Al — secțiunea și materialul nulului purtător.

— 16 mm² pentru conductoarele de oțel; acestea trebuie să fie compuse din sîrme de oțel categoria *B* sau *C* și protejate împotriva coroziunii cu strat gros de zinc; pentru *LEA* cu tensiuni pînă la 20 kV inclusiv în zonele de poluare *I* și *II* se admit și sîrme cu strat subțire de zinc.

Pentru liniile de joasă tensiune normativul PE 106—83 prevede următoarele secțiuni minime:

— *pentru LEA cu conductoare neizolate:* 35 mm² la conductoarele de aluminiu (faze și nul) și 25 mm² la conductoarele de aluminiu-oțel sau aliaj de aluminiu (faze și nul); pentru zone neprotejate se recomandă folosirea de conductoare de aluminiu-oțel;

— *pentru LEA cu conductoare izolate torsadate:* 35 mm² la conductoarele de aluminiu (faze) și 16 mm² (nul) și 50 mm² la aluminiu-oțel sau aliaje de aluminiu pentru nulul purtător.

3.3. Calculul mecanic al conductoarelor

3.3.1. Încărcările normate ce acționează asupra conductoarelor

Asupra conductoarelor acționează încărcări provenind din greutatea proprie, greutatea chiciurii și presiunea vîntului, în diferitele ipoteze arătate în cap. 1, tabelul 1.8.

Încărcarea provenind din greutatea proprie:

$$g_1 = G_{cond}/1000 \ \text{[daN/m]};$$

G_{cond} — greutatea conductorului [daN/km].

Încărcarea provenind din greutatea chiciurii:

$$g_2 = g_{ch} \ \text{[daN/m]};$$

(pentru g_{ch} v. formula 1.7).

Încărcarea provenind din greutatea proprie + greutatea chiciurii:

$$g_3 = g_1 + g_2 \ \text{[daN/m]}.$$

Încărcarea provenind din presiunea vîntului maxim pe conductor:

$$g_4 = \alpha_{v1} k_{c1} d \frac{v_1^2}{16} \times 10^{-3} \ \text{[daN/m]}.$$

Încărcarea provenind din presiunea vîntului simultan cu chiciură pe conductorul acoperit cu chiciură:

$$g_5 = \alpha_{v2} k_{c2} (d + 2b) \frac{v_2^2}{16} \times 10^{-3} \ \text{[daN/m]};$$

(pentru g_4 și g_5 v. cap. 1, subcap. 1.5).

Încărcarea provenind din greutatea conductorului și presiunea vîntului maxim:

$$g_6 = \sqrt{g_1^2 + g_4^2} \ \text{[daN/m]}.$$

Încărcarea provenind din greutatea proprie, greutatea chiciurii și presiunea vîntului simultan cu chiciura:

$$g_7 = \sqrt{g_3^2 + g_5^2} \ \text{[daN/m]}.$$

Încărcarea specifică:

$$\gamma_i = g_i/S_c \ \text{[daN/m} \cdot \text{mm}^2\text{]}; \ i = 1 \ldots 7$$

S_c — secțiunea conductorului [mm²].

3.3.2. Caracteristicile mecanice ale conductoarelor bimetalice

Pentru un conductor de aluminiu-oțel avem:

S_{al} — secțiunea părții de aluminiu; S_{ol} — secțiunea părții de oțel; S_c — secțiunea totală a conductorului; E_{al} — modulul de elasticitate al aluminiului; E_{ol} — modulul de elasticitate al oțelului; α_{al} — coeficientul de dilatare termică a aluminiului; α_{ol} — coeficientul de dilatare termică a oțelului.

Modulul de elasticitate al conductorului de aluminiu-oțel este:

$$E_c = \frac{E_{al}S_{al} + E_{ol}S_{ol}}{S_c}. \tag{3.1}$$

Coeficientul de dilatare termică al conductorului de aluminiu-oțel:

$$\alpha_c = \frac{\alpha_{al}E_{al}S_{al} + \alpha_{ol}E_{ol}S_{ol}}{E_c \cdot S_c}. \tag{3.2}$$

3.3.3. Condițiile de dimensoinare ale conductoarelor

Pornind de la încărcările normate definite mai sus, se determină încărcările de calcul ale conductoarelor, aplicînd coeficienții de încărcare din tabelul 1.7 (v. cap. 1).

Conform normativlui PE 104/85, valorile maxime ale rezistențelor de calcul în conductor nu trebuie să depășească rezistența de rupere a conductorului (definită în cap. 1.1) înmulțită cu un coeficient k.

Ținînd seama de cele de mai sus, avem relația:

$$p_{max} = k\sigma_r; \tag{3.3}$$

p_{max} — valoarea maximă a rezistenței de calcul în [daN/mm²]; σ_r — rezistența de rupere a conductorului în [daN/mm²]; k — coeficient cu valori diferite pentru diferite ipoteze de calcul și anume:

$k = 0{,}50$ în ipoteza temperaturii minime, fără vînt și fără chiciură;
$k = 0{,}18$ = în ipoteza temperaturii medii, fără vînt și fără chiciură, cînd deschiderea este mai mare ca 120 m și conductoarele nu sînt prevăzute cu antivibratoare;
$k = 0{,}25$ în ipoteza temperaturii medii, fără chiciură și fără vînt, cînd deschiderea este mai mică de 120 m, sau cînd conductoarele sînt prevăzute cu antivibratoare;
$k = 0{,}70$ în ipoteza temperaturii de formare a chiciurii (−5 °C), depuneri de chiciură pe conductoare și vînt simultan cu chiciură.

Avînd în vedere cele de mai sus, în calculul mecanic al conductoarelor se poate pleca de la oricare din cele 3 condiții de limitare a tracțiunilor, observînd ca și celelalte două condiții să fie satisfăcute:

— ipoteza la temperatura minimă de −30 °C;

— ipoteza la temperatura medie de +15 °C (+10 °C în zonele cu altitudini peste 1000 m);

— ipoteza la temperatura de formare a chiciurii de −5 °C, plus chiciură, plus vînt.

3.3.4. Deschideri critice

Efortul unitar maxim poate apare la una din cele 3 ipoteze menționate mai sus:

Numim deschidere critică pentru două ipoteze de calcul, deschiderea pentru care se obține tracțiuni egale cu valorile maxime admisibile pentru ambele ipoteze, ținînd seama de coeficienții k de la § 3.3.3.

Avînd 3 ipoteze de calcul luate în considerare, vom avea 3 deschideri critice:

a_{cr1}, corespunzătoare ipotezelor — 30 °C și +15 °C;
a_{cr2}, corespunzătoare ipotezelor — 30 °C și −5 °C, cu chiciură și vînt;
a_{cr3}, corespunzătoare ipotezelor +15 °C și −5 °C, cu chiciură și vînt.

Este de dorit ca *efortul unitar maxim să fie egal* în cazul celor trei ipoteze, Astfel:

$$a_{cr1} = a_{cr2} = a_{cr3}.$$

Pentru calculul deschiderilor critice pornim de la ecuația de stare, care în cazul în care punctele de suspensie ale conductorului sînt la același nivel, este:

$$p_2^3 + p_2^2\left[\frac{a^2\gamma_1^2E_c}{24p_1^2} + (t_2 - t_1)\alpha_cE_c - p_1\right] = \frac{a^2\gamma_2^2E_c}{24}; \qquad (3.4)$$

p_1, γ_1 și t_1 sînt tracțiunea în conductor, greutatea specifică și temperatura la o anumită stare, iar p_2, γ_2 și t_2 sînt aceleași elemente la o altă stare.

Dacă luăm în considerare două stări limită $p_{max\ 1}$ și $p_{max\ 2}$, deschiderea a devine deschiderea critică a_{cr}. Astfel:

$$p_{max\ 2}^3 + p_{max\ 2}^2\left[\frac{a_{cr}^2\gamma_1^2E_c}{24p_{max\ 1}^2} + (t_2 - t_1)\alpha_cE_c - p_{max\ 1}\right] = \frac{a_{cr}^2\gamma_2^2E_c}{2}. \qquad (3.5)$$

Din această relație putem deduce *expresia deschiderii critice*:

$$a_{cr} = \frac{p_{max\,2}}{\gamma_1} \sqrt{\frac{\frac{24}{E_c}\left[(p_{max\,2} - p_{max\,1}) + \alpha_c E_c (t_2 - t_1)\right]}{\left(\frac{\gamma_2}{\gamma_1}\right)^2 - \left(\frac{p_{max\,2}}{p_{max\,1}}\right)^2}}. \tag{3.6}$$

Referindu-ne la cele 3 ipoteze luate în considerare vom avea:

$$a_{cr1} = \frac{p_{+15^\circ}}{\gamma_1} \sqrt{\frac{\frac{24}{E_c}\left[p_{+15^\circ} - p_{-30^\circ} + \alpha_c E_c (15 + 5)\right]}{1 - \left(\frac{p_{+15^\circ}}{p_{-30^\circ}}\right)^2}}; \tag{3.6a}$$

$$a_{cr2} = \frac{p_{-5^\circ}}{\gamma_1} \sqrt{\frac{\frac{24}{E_c}\left[p_{-5^\circ} - p_{-30^\circ} + \alpha_c E_c (-5 + 30)\right.}{\left(\frac{\gamma_7}{\gamma_1}\right)^2 - \left(\frac{p_{-5^\circ}}{p_{-30^\circ}}\right)^2}}; \tag{3.6b}$$

$$a_{cr3} = \frac{p_{-5^\circ}}{\gamma_1} \sqrt{\frac{\frac{24}{E_c}\left[p_{-5^\circ} - p_{15^\circ} + \alpha_c E_c (-5 - 15)\right]}{\left(\frac{\gamma_7}{\gamma_1}\right)^2 - \left(\frac{p_{-5^\circ}}{p_{15^\circ}}\right)^2}}. \tag{3.6c}$$

Din compararea deschiderilor critice care rezultă din rezolvarea formulelor de mai sus se stabilește starea care limitează tracțiunea în conductor și de la care se pleacă în dimensionare.

În cazul deschiderilor cu denivelări având un unghi de înclinare pînă la 30°, formula ecuației de stare trebuie să țină seama de unghiul de pantă ψ și de diferența de nivel h. Astfel:

$$p_2^3\left(1 + \frac{h}{2a^2}\right) + p_2^2\left[\frac{a^2\gamma_1 E_c}{24 p_1^2}\cos\psi + (t_2 - t_1)\alpha_c E_c - p_1\left(1 + \frac{h^2}{a^2}\right)\right] = \frac{a^2\gamma_2^2 E_c}{24}\cos\psi. \tag{3.7}$$

Pentru un panou cu n deschideri se calculează deschiderea medie în funcție de deschiderile a_i și unghiurile de pantă ψ_i cu formulele:

$$a_{med} = \sum_{i=1}^{n} a_i \cos\psi_i \Big/ \sum_{i=1}^{n} a_i; \tag{3.8}$$

$$\cos\psi_i = a_i / \sqrt{a_i^2 + h_i^2}. \tag{3.9}$$

3.3.5. Tracțiunea orizontală în conductor

Tracțiunea maximă în conductor se consideră în punctul de suspensie al conductorului (la clemă).

Componenta pe orizontală p_h a acestei tracțiuni se determină în funcție de tracțiunea maximă folosind în cazul deschiderilor fără denivelări formula:

$$2p_h^2 - 2p_h p_{max} + \gamma^2 a^2/4 = 0; \tag{3.10}$$

p_h este una din rădăcinile acestei ecuații de gradul 2.

Pentru deschiderile cu denivelări formula componentei p_h *devine:*

$$p_h^2(h^2/a^2 + 2) - p_h(2p_{max} - h\gamma) + \gamma^2 a^2/4 = 0. \tag{3.10a}$$

3.3.6. Temperatura critică

Temperatura critică este temperatura la care săgeata conductorului supus numai la greutatea proprie este egală cu săgeata conductorului la temperatura de $-5°C$ supus acțiunii greutății chiciurii. Se calculează cu relația:

$$t_{cr} = -5° + p_{-5°} \frac{1}{E_c \alpha_c} \left(1 - \frac{\gamma_1}{\gamma_3}\right). \tag{3.11}$$

În cazul în care t_{cr} este mai mic de $40°C$, săgeata maximă ce va fi luată în considerare la stabilirea înălțimii stîlpului va fi la $+40°C$.

În cazul în care t_{cr} este mai mare decît $40°C$, săgeata maximă va fi la $-5°C$, cînd conductorul este încărcat cu chiciură.

3.3.7. Săgeata conductorului

Săgeata unui conductor într-un anumit punct este distanța măsurată pe verticală între punctul respectiv de pe curba conductorului și dreapta care unește cele două puncte de suspensie ale conductorului. În funcție de condițiile climato-meteorologice existente la un moment dat săgeata poate avea diferite valori.

De asemenea trebuie să se țină sema de faptul dacă cele două puncte de suspensie ale conductorului sînt la același nivel sau sînt denivelate. În cazul punctelor de suspensie aflate la același nivel (fig. 3.1), săgeata maximă se află la mijlocul deschiderii a, fiind dată de relația:

$$f = a^2\gamma/8p. \tag{3.12}$$

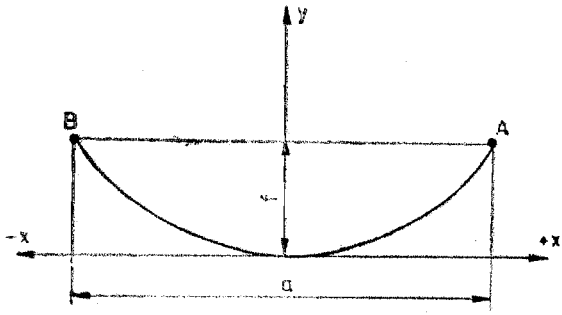


Fig. 3.1. Săgeata conductorului în cazul punctelor de suspensie aflate la același nivel.

În cazul deschiderilor denivelate poate apărea unul din cele două cazuri din fig. 3.2, *I* sau *II*, în care cazuri săgeata maximă se consideră pe verticala care unește dreapta AB dintre punctele de suspensie și tangenta la curba lănțișorului, paralelă cu dreapta AB. În aceste cazuri *săgeata maximă* este dată de relația:

$$f_d = a^2\gamma/8p \cos \psi. \qquad (3.12a)$$

Conform normativelor PE 104/85 și PE 106/83 *săgețile maxime ale conductoarelor se calculează pentru ipotezele:*

— temperatura maximă (+40 °C);

— temperatura de −5 °C și încărcare de chiciură(către una din aceste ipoteze ne conduce și calculul temperaturii critice).

Săgețile minime se calculează în ipoteza temperaturilor minime (v. tabelul 1.8).

În practică pentru aflarea săgeților la diferite temperaturi de montaj se folosesc tabele și, în cazul panourilor cu deschideri denivelate curbe șablon, pentru a se putea verifica în orice punct al traseului distanța la sol sau la anumite elemente traversate de linie și a se putea stabili înălțimea corectă a stîlpilor.

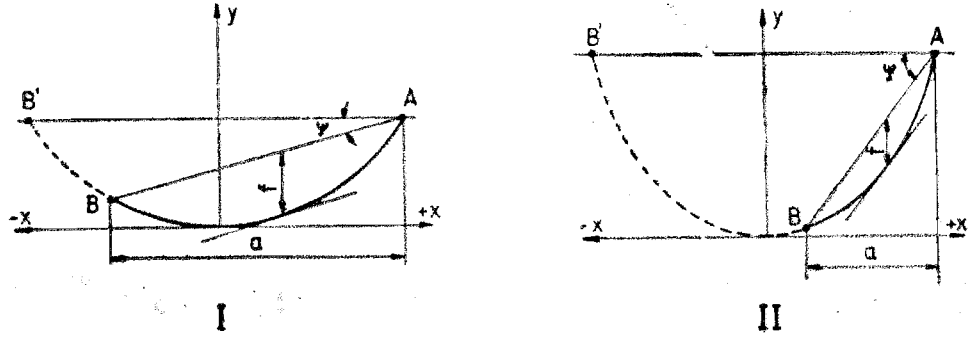


Fig. 3.2. Săgeata conductorului în cazul punctelor de suspensie denivelate.

3.3.8. Lungimea conductorului

Lungimea conductorului:
— în cazul deschiderilor cu punctele de suspensie aflate la același nivel:

$$L = a(1 + a^2\gamma^2/24p_h^2); \tag{3.13}$$

— pentru deschiderile denivelate:

$$L = a(1 + a^2\gamma^2/24p_h^2) \cdot 1/\cos\psi) \tag{3.13a}$$

3.4. Încălzirea conductoarelor

Încălzirea conductoarelor este produsă de pierderile de energie prin efectul Joule-Lenz la trecerea curentului electric. La liniile electrice aeriene, atunci cînd temperatura conductoarelor depășește o anumită limită, rezistența mecanică a acestora se micșorează și fenomenul de fluaj se accentuează; săgețile pot crește peste valorile stabilite, ajungîndu-se la o micșorare a distanței de la conductoare la pămînt.

De aceea, pentru linii electrice aeriene se consideră că în regim permanent de funcționare temperatura conductoarelor să nu depășească $+70\,°C$.

Pentru a nu se depăși această temperatură se recomandă ca intensitatea curentului ce trece prin conductor să se înscrie într-o anumită limită. Pentru diferitele secțiuni ale conductoarelor de aluminiu, aluminiu-oțel și cupru intensitățile admisibile de curent în regim permanent de funcționare pentru o temperatură a mediului exterior de $+25\,°C$ și o temperatură maximă de $+70\,°C$ sînt date în tabelul 3.11.

Tabelul 3.11

Încărcările admisibile de curent ale conductoarelor LEA în regim permanent de funcționare

Secțiunea nominală a conductorului [mm²]	Al	Al-Ol	Cu
10	—	—	100
16	100	100	120
25	125	125	170
35	160	160	205
50	200	205	255
70	250	260	320
95	305	315	390
120	355	360	455
150	415	420	535
185	470	485	605
240	565	575	725
300	665	665	850
400	—	865	—

În cazul unor temperaturi ale mediului ambiant diferite de +25°C se aplică coeficienții de corecție din tabelul 3.12.

Tabelul 3.12

Coeficienții de corecție în funcție de variația temperaturii mediului exterior

Temperatura mediului exterior [°C]	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40
Coeficientul de corecție	1,15	1,11	1,075	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88

4. IZOLATOARE

4.1. Definiții

Izolatoarele sînt elemente componente ale liniilor electrice aeriene, constituite dintr-un corp izolant solid, cu sau fără armături metalice, cu ajutorul cărora se realizează atît izolarea conductoarelor sub tensiune, cît și fixarea lor.

Conturnarea este o descărcare exterioară izolatorului, producîndu-se între părțile ce sînt supuse în mod obișnuit la o diferență de tensiune.

Străpungerea este o descărcare prin corpul solid al izolatorului.

Distanța disruptivă exterioară a izolatorului este distanța cea mai mică între părțile metalice sub tensiune și cele puse la pămînt pe o cale care nu trece prin materialul izolatorului.

Linia de fugă este distanța cea mai mică pe suprafața izolatorului între părțile metalice aflate la potențiale electrice diferite. În cazul izolatoarelor compuse din mai multe elemente se consideră suma liniilor de fugă a elementelor componente.

Linia de fugă specifică este raportul între lungimea liniei de fugă a unui izolator exprimată în cm și tensiunea maximă de serviciu între faze exprimată în kV.

Distanța disruptivă prin materialul izolatorului este distanța cea mai mică prin materialul izolatorului între elementele metalice cu potențiale electrice diferite.

Tensiunea de conturnare la frecvență industrială (50 Hz) în stare uscată sau sub ploaie este media aritmetică a valorilor tensiunilor ce produc conturnarea izolației în timpul încercării de conturnare efectuată conform STAS 6272—82.

Tensiunea minimă de conturnare la frecvență industrială în stare uscată sau sub ploaie, este cea mai mică tensiune care produce conturnarea izolației.

Tensiunea de 50% conturnare la impuls în stare uscată pentru polaritate pozitivă sau negativă este tensiunea de impuls care produce conturnarea izolației pentru aproximativ jumătate din numărul impulsurilor aplicate.

Tensiunea de ținere 1 min la frecvență industrială în stare uscată sau sub ploaie este tensiunea maximă prescrisă la frecvență industrială, aplicată în stare uscată sau sub ploaie pe izolație, timp de 1 min, fără a se produce nici conturnare, nici străpungere.

Tensiunea de ținere la impuls în stare uscată este tensiunea maximă de impuls prescrisă, care aplicată pe izolație nu produce nici conturnare, nici străpungere.

Tensiunea de străpungere a unui izolator este tensiunea ce produce străpungerea lui. Această tensiune se dă numai pentru izolatorii străpungibili (S_t).

Rezistența de izolație este rezistența electrică de izolație măsurată în curent continuu.

Sarcina mecanică de rupere este sarcina mecanică, care în condițiile de încercare conform STAS 6272—82 produce separarea pieselor metalice sau ruperea totală a izolatorului.

Sarcina de distrugere electromecanică de scurtă durată a unui izolator este sarcina mecanică, care în condițiile de încercare conform STAS 6272—82, produce fie străpungerea electrică, fie distrugerea mecanică a unei părți din izolator.

Rezistența la variații bruște de temperatură este capacitatea izolatorului de a rezista unor variații bruște de temperatură în condițiile STAS 6272—82.

Lanț de izolatoare este ansamblul format din unul sau mai multe izolatoare și armături necesare spre a se realiza un ansamblu articulat pentru susținerea conductoarelor. Lanțul de izolatoare este supus numai la eforturi de întindere.

4.2. Clasificări

Conform STAS 8451—69 izolatoarele pentru liniile electrice aeriene se clasifică astfel:

1) *Din punct de vedere al materialului din care se confecționează:*
— izolatoare din materiale ceramice;
— izolatoare din sticlă;
— izolatoare din materiale sintetice.

2) *Din punct de vedere constructiv:*
— izolatoare capă și tije care au corpul izolant sub forma unui singur taler, avînd la partea superioară o capă de tip nucă, iar la partea inferioară o tijă cu rotulă;
— izolatoare cu inima plină care au corpul izolant masiv, cu mai multe aripioare și la un capăt sau la ambele capete au armături metalice;
— izolatoare suport care se montează rigid pe stîlp, fiind formate dintr-un corp izolant cu una sau mai multe aripioare; corpul izolatorului poate fi străpungibil sau nestrăpungibil; fixarea izolatoarelor suport pe stîlpi se face prin intermediul unor armături sau suporți metalici; izolatorul suport este supus în principal la eforturi de încovoiere și compresiune;
— izolatoarele de tracțiune, sînt izolatoare suport de joasă tensiune (pînă la 1 kV inclusiv), la care conductorul se fixează prin înfășurare în șurul corpului izolant sub formă de cilindru cu un gol în interior, avînd două sau mai multe aripioare;

— izolatoare pentru siguranțe fuzibile utilizate numai la linii sub 1000 V și destinate montării siguranțelor fuzibile pentru racorduri și branșamente.

3) *Din punct de vedere al mediului în care funcționează:*

— izolatoare care funcționează în atmosferă normală;

— izolatoare care funcționează în atmosferă poluată.

4) *Din punct de vedere al liniilor electrice pentru care sînt destinate:*

— izolatoare de joasă tensiune, pînă la 1 kV inclusiv;

— izolatoare de medie tensiune, peste 1 kV, pînă la 20 kV inclusiv;

— izolatoare de înaltă și foarte înaltă tensiune, peste 20 kV.

5) *Din punct de vedere electric:*

— izolatoare străpungibile (S_t) sînt izolatoarele la care distanța disruptivă prin corpul izolant solid este mai mică decît jumătatea distanței disruptive exterioare (prin aer);

— izolatoare nestrăpungibile (N_s) sînt izolatoarele la care distanța disruptivă prin corpul izolant solid este cel puțin egală cu jumătatea distanței disruptive exterioare.

6) *Din punct de vedere mecanic:*

— izolatoare (sau lanțuri de izolatoare) de susținere, care preiau greutatea conductoarelor, a chiciurei și sarcinile provenind din acțiunea vîntului pe conductoare și izolatoare;

— izolatoare (sau lanțuri de izolatoare) de întindere (sau tracțiune) care preiau în plus și eforturile din conductoare.

4.3. Materiale pentru izolatoare

4.3.1. Porțelanul

Pentru izolatoarele liniilor electrice aeriene de înaltă și joasă tensiune se folosește porțelanul tare, vitrificat, care este un material ceramic format din:

— caolin ≈ 50%;
— cuarț ≈ 25—30%;
— feldspat ≈ 20—25%;
— argilă refractatră, mici cantități.

Principalele caracteristici fizico-chimice ale porțelanului sînt date în STAS 3471—85.

Izolatoarele de porțelan sînt acoperite la suprafață cu o glazură (smalț) constituită din aceleași materiale ca și masa izolatorului, însă în alte proporții, la care se adaugă borați alcalini, nitrați, fluoruri, oxizi metalici de plumb titan și zinc etc.

Glazura poate fi albă sau colorată. STAS 6272—82 recomandă folosirea unei glazuri colorate, de preferință brună întrucît aceasta facilitează descoperirea fisurilor sau spărturilor pe suprafața izolatorului, permițînd înlocuirea înainte de a se produce străpungerea sau conturnarea acestuia și deci defectarea liniei.

4.3.2. Sticla călită

Sticla este un amestec de silicaţi cu structură amorfă.

Pentru izolatoare se foloseşte sticlă cu oxizi de calciu, magneziu şi sodiu, îmbunătăţită prin călire cu aer rece.

Izolatoarele executate din sticlă călită prezintă următoarele avantaje faţă de cele din porţelan:

—rezistenţă mecanică superioară, favorabilă în special la izolatoarele suport şi la izolatoarele capă-tijă, care lucrează mai ales prin compresiune;

— stabilitate mai bună în timp a proprietăţilor mecanice;

— coeficientul de dilatare mai apropiat de cel al armăturilor metalice;

— orice defect al talerului este uşor sesizabil la verificarea liniei prin căderea acestuia, fără ruperea mecanică a lanţului.

4.4. Izolatoare pentru LEA de joasă tensiune

4.4.1. Izolatoare de susţinere tip N, din porţelan (STAS 665—80)

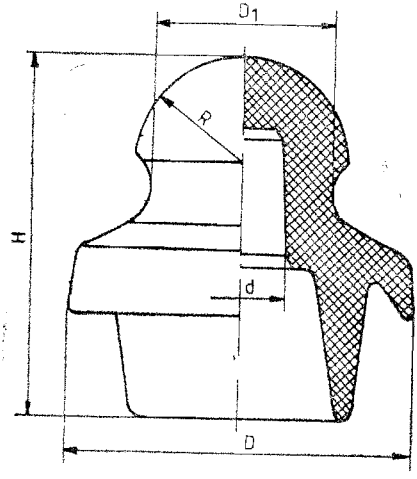


Fig. 4.1. Izolator de susţinere, tip N.

Tabelul 4.1

Dimensiunile şi caracteristicile izolatoarelor de susţinere tip N

Simbolul izolatorului	Dimensiunile [mm]					Rezistenţa de izolaţie [MΩ]	Sarcina de rupere mecanică [daN]	Secţiunea maximă a conductorului [mm²]	Masa maximă [kg/buc]
			$D_{1\ max}$	d	R				
	7	5	50	21	26	4×10^3	1000	50	0,360
				24	32	4×10^3	1800	150	0,550

4.4.2. Izolatoare de tracțiune tip T și TD din porțelan (STAS 8999—71)

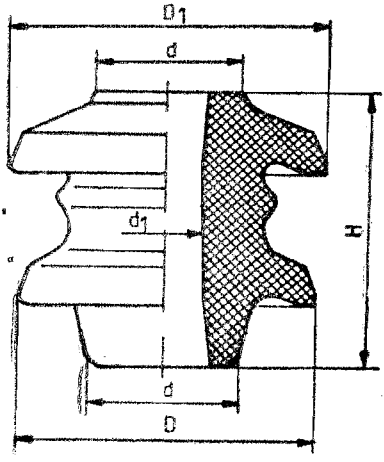


Fig. 4.2. Izolator de tracțiune, tip T.

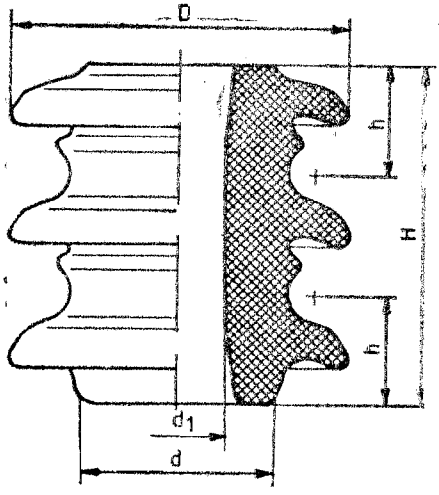


Fig. 4.3. Izolator de tracțiune, tip TD.

Tabelul 4.2

Dimensiunile și caracteristicile izolatoarelor de tracțiune tip T pentru un singur conductor

Simbolul izolatorului	Dimensiunile [mm]					Rezistența de izolație [MΩ]	Sarcina de rupere mecanică [daN]	Secțiunea maximă a conductorului [mm²]	Masa maximă [kg/buc]
	H	D	D_1	d	d_1				
T 65	65	70	75	35	18	$4,5 \times 10^3$	500	25	0,320
T 80	80	87	95	40	22	$4,5 \times 10^3$	1000	50	0,550
T 115	115	110	120	60	30	6×10^3	1500	150	1,400

Tabelul 4.3

Dimensiunile și caracteristicile izolatoarelor de tracțiune tip TD, pentru două conductoare

Simbolul izolatorului	Dimensiunile [mm]					Rezistența de izolație [MΩ]	Sarcina de rupere mecanică [daN]	Secțiunea maximă a conductorului [mm²]	Masa maximă [kg/buc.]
	H	h	D	d	d_1				
TD 80	80	26	80	45	22	6×10^3	1250	50	0,700
TD 115	115	38	115	65	32	$4,5 \times 10^3$	2000	150	1,500

4.4.3. Izolatoare pentru siguranțe tip Sig (STAS 1652—68)

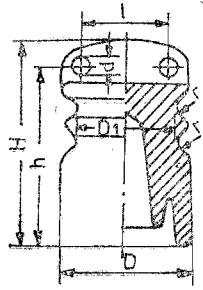


Fig. 4.4. Izolator pentru siguranțe, tip Sig.

Tabelul 4.4

Dimensiunile și caracteristicile izolatoarelor pentru siguranțe tip Sig

Simbolul izolatorului	Dimensiunile [mm]							Secțiunea maximă a conductorului [mm²]	Masa [kg/buc.]
	H	*h*	*D*	D_1	*d*	*l*	*r*		
Sig 85	85	75	64	49	7	44	4	6	0,3
Sig 115	115	103	74	55	9	50	6	16	0,6
Sig 140	140	125	89	63	11	60	8	50	1,0

4.4.4. Izolatoare pentru ancore tip A (STAS 3187—68)

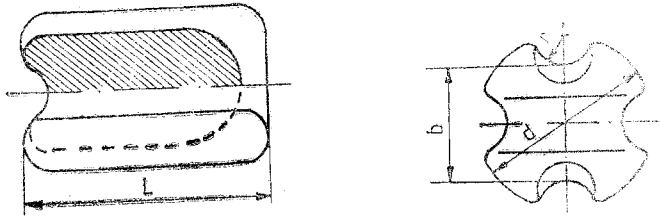


Fig. 4.5. Izolator pentru ancore.

Tabelul 4.5

Dimensiunile și caracteristicile izolatoarelor pentru ancore tip A

Simbolul izolatorului	Dimensiunile [mm]				Rezistența minimă de izolație [MΩ]	Tensiunea de încercare 1 min, 50 Hz [kV]	Sarcina minimă de rupere [kN]	Masa [kg/buc.]
	L	*b*	*d*	*r*				
A3	110	52	78	12	20	15	37,3	0,75
A6	148	72	96	15	20	15	60,0	1,72
A8	170	100	125	20	20	15	93,2	3,80

4.5. Izolatoare pentru LEA de medie și înaltă tensiune

4.5.1. Izolatoare de medie tensiune 10 și 20 kV tip suport

a. Izolatoare simbol PA și Pb

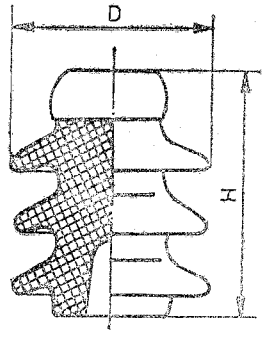


Fig. 4.6. Izolator de medie tensiune tip suport.

Tabelul 4.5

Dimensiunile și caracteristicile izolatoarelor de medie tensiune 10 și 20 kV tip suport (simbol PA și PB)

Dimensiunea sau caracteristica	UM	Simbolul izolatorului		
		20—PB—125/4	20—PA—125/4	10—PA—75/3
Tensiunea nominală	[kV]	20	20	10
Numărul de aripi	—	4	4	3
Înălțimea *H* (nearmat)	[mm]	258	308	218
Diametrul	[mm]	160	200	160
Tensiunea de ținere la impuls	$[kV]_{max}$	125	125	75
Tensiunea de ținere la frecvență industrială sub ploaie	$[kV]_{ef}$	55	55	35
Sarcina minimă de rupere la încovoiere	[daN]	750	375	375
Masa (nearmat)	[kg]	5,4	8,0	3,9
Norma de fabricație	—	NI 2769—70	CS 1013—73	CS 1013—73

b. Izolatoare IsNs cu suport drept

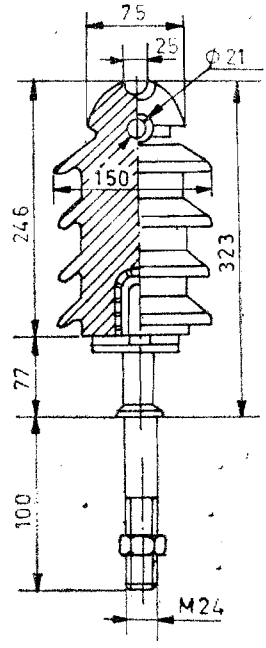


Fig. 4.7. Izolator IsNs 20 cu suport drept.

Tabelul 4.7

Dimensiunile şi caracteristicile izolatoarelor IsNs20

Dimensiunea sau caracteristica	UM	Simbolul izolatorului	
		IsNs20	IsNs 20S
Lungimea L	[mm]	246	348
Diametrul D	[mm]	150	195
Linia de fugă	[mm]	410	650
Tensiunea de ţinere la impuls	$[kV]_{max}$	125	125
Tensiunea de ţinere la frecvenţă industrială sub ploaie	$[kV]_{ef}$	55	55
Sarcina de rupere	[kN]	9,81[1]	13,8
Masa izolatorului	[kg]	5,5	9,8
Masă suportului	[kg]	2,2	2,2
Zonă de poluare în care se foloseşte	—	*I, II*	*III*[2]

[1] Se pot livra şi cu 6,5 kN. [2] Şi peste 1100 m altitudine.

4.5.2. Izolatoare suport tip Δ (delta) de 35 kV (STAS 2513—73)

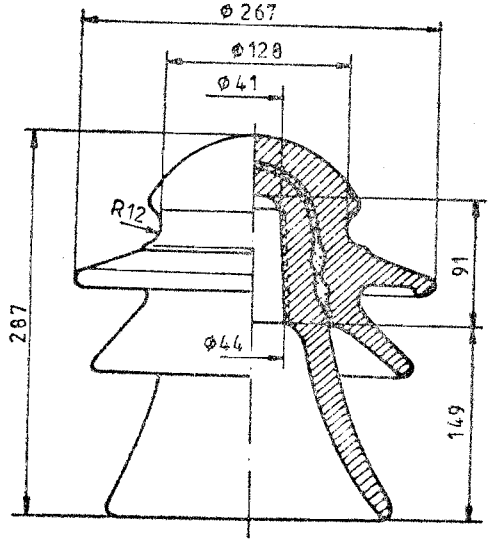


Fig. 4.8. Izolator suport Δ35 kV.

Sarcina mecanică minimă de rupre a izolatorului Δ35 kV este de 2452 daN, lungimea liniei de fugă de 574 mm. Izolatorul este străpungibil.

4.5.3. Izolatoare nestrăpungibile de suspensie ITfs tip tijă 20 kV (NI 2734—70)

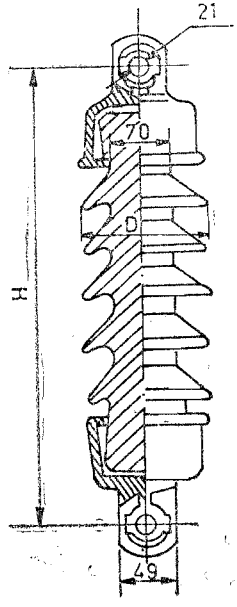


Fig. 4.9. Izolator de suspensie tip tijă, 20 kV.

Tabelul 4.3

Dimensiunile şi caracteristicile izolatoarelor de suspensie tip tijă, 20 kV

Dimensiunea sau caracteristica	UM	Simbolul izolatorului	
		ITfs 60/6	ITfs60/7
Numărul de aripi	—	6	7
Înălţimea *H*	[mm]	485	530
Diametrul *D*	[mm]	120	120
Linia de fugă	[mm]	585	730
Tensiunea de ţinere la impuls	$[kV]_{max}$	125	125
Tensiunea de ţinere la frecvenţă industrială — uscat	$[kV]_{ef}$	55	55
Tensiunea de ţinere la frecvenţă industrială — sub ploaie	$[kV]_{ef}$	55	55
Sarcina medie de rupere la tracţiune	[kN]	65,7	65,7
Sarcina de încercare la tracţiune	[kN]	36,3	36,3
Masa	[kg]	9,5	10,1
Zona de poluare în care se foloseşte	—	*I, II*	*III*[1]

[1] Şi peste 1100 m altitudine.

4.5.4. Izolatoare nestrăpungibile de suspensie cu linie lungă de fugă (tip tijă), fabricaţie RDG.

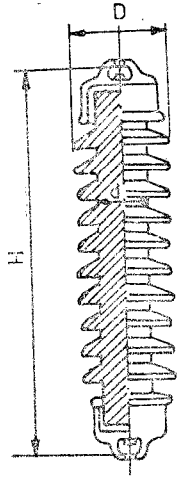


Fig. 4.10. Izolator de suspensie cu linie lungă de fugă (VKLS şi VKLP).

Tabelul 4.9

Dimensiunile şi caracteristicile izolatoarelor nestrăpungibile de suspensie, cu linie lungă de fugă, de fabricaţie R.D.G.

Dimensiunea sau caracteristica	UM	Simbolul izolatorului			
		VKLS–75/21	VKLS–85/21	VKLF–75/16	VKLF–85/19
Înălţimea H	[mm]	1240	1270	1240	1270
Diametrul D	[mm]	195	205	170	180
Diametrul d	[mm]	75	85	75	85
Diametrul tijei	[mm]	16	20	16	20
Tensiunea de ţinere la frecvenţă industrială — uscat	$[kV]_{ef}$	420	415	425	425
Tensiunea de ţinere la frecvenţă industrială — sub ploaie	$[kV]_{ef}$	295	295	305	305
Tensiunea de 50% conturnare, impuls negativ	$[kV]_{max}$	645	645	645	645
Lungimea liniei de fugă	[mm]	3350	3350	2500	2500
Sarcina medie de rupere la tracţiune	[kN]	120	160	120	160
Sarcina de durată normală	[kN]	53	69	53	69
Masa	[kg]	35	41	28	34

4.5.5. Izolatoare de suspensie tip capă-tijă din porţelan

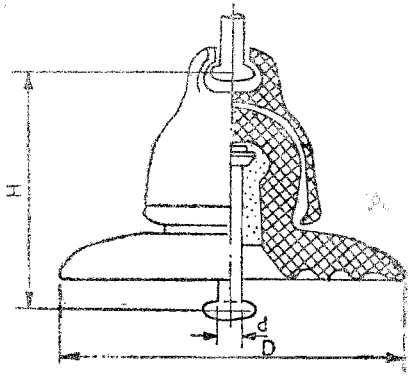


Fig. 4.11. Izolator de suspensie tip capă-tijă din porţelan.

Tabelul 4.10

Dimensiunile şi caracteristicile izolatoarelor de suspensie, tip capă-tijă din porţelan

Dimensiunea sau caracteristica	UM	Simbolul izolatorului	
		IC 170	IC 190
Diametrul *D*	[mm]	280	280
Înălţimea *H*	[mm]	170	190
Diametrul tijei *d*	[mm]	16	20
Sarcina minimă de rupere	[kN]	40	60
Tensiunea de ţinere la frecvenţă industrială — sub ploaie:			
1 buc	$[kV]_{ef}$	50	50
2 buc	$[kV]_{ef}$	95	95
3 buc	$[kV]_{ef}$	140	140
Masa:			
— armat	[kg]	7,5	9,3
— nearmat	[kg]	4,2	5,2

4.5.6. Izolatoare de suspensie tip capă-tijă din sticlă călită

Se fabrică de FIES—Botoşani, atît pentru zone cu poluare normală conform NID 6690—76 (fig. 4.12 *a*, *b*, *c*), cît şi pentru zone intens poluate conform NID 8718—80 (fig. 4.12, *d*). Dimensiunile şi caracteristicile principale ale izolatoarelor de sticlă călită (din care în prezent sînt în fabricaţie curentă numai o parte din tipuri) sînt date în tabelul 4.11.

Dimensiunile şi caracteristicile izolatoarelor

Dimensiunea sau caracteristica	[UM]	CTS 60—1	CTS 70—1	CTS 100—1	CTS 120—1	CTS 160—1	CTS 210—1
Diametrul *D*	[mm]	255	255	255	260	280	320
Înălţimea (pasul) *H*	[mm]	131,5	131,5	146	146	170	170
Diametrul tijei *d*	[mm]	16	16	16	16	20	20
Lungimea liniei de fugă	[mm]	295	305	305	325	390	390
Tensiunea de ţinere *ITT* în stare uscată-pozitiv	[kV]	95	100	100	110	110	110
Idem, negativ	[kV]	100	103	103	115	115	
Tensiunea de ţinere 50 Hz, 1 min, uscat	[kV]	58	70	70	70	70	
Idem, ploaie	[kV]	48	43	43	43	40	45
Tensiunea de străpungere în ulei la 50 Hz	[kV]	90	110	110	90	100	110
Sarcina mecanică de rupere garantată	[kN]	60	70	100	120	160	210
Tipul agrafei	—	V16B	V16B	V16B	V16B	V20	V20
Masa	[kg]	4,3	4,3	3,5	5,7	8,0	8,5

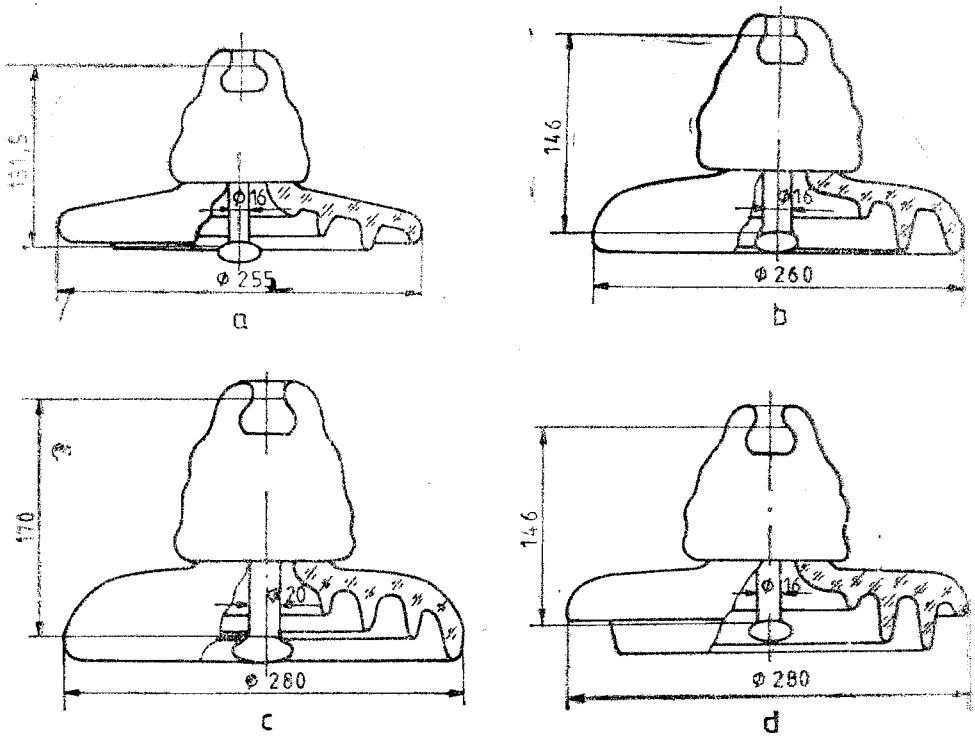


Fig. 4.12. Izolatoare de suspensie tip capă-tijă din sticlă călită:
a — izolator CTS 60-1; *b* — izolator CTS 120-1; *c* — izolator CTS 160-1; *d* — izolator CTS 120-2p.

Tabelul 4.11

de suspensie tip capă-tijă din sticlă călită

Simbolul izolatorului								
CTS 40—2p	CTS 70—2p	CTS 100—2p	CTS 120—2p	CTS 160—2p	CTS 210—2p	CTS 70—3	CTS 160—3	CTS 160—4
180	280	280	280	320	340	255	280	280
110	146	146	146	170	170	146	170	146
11	16	16	16	20	20	16	20	20
300	445	445	425	550	550	305	390	390
80	125	125	125	140	140	100	105	105
85	130	130	130					
60	85	85	85					
36	50	50	50	55	50	40	40	40
100	110	110	90	110	110	110	110	110
40	70	100	120	160	210	70	160	160
V11	V16B	V16B	V16B	V20	V20	V16B	V20	V20
2,3	5,8	5,2	6,7	10,6	11,5	4,35	6,5	6,5

Au mai fost folosite în instalații izolatoare din sticlă călită importante din U.R.S.S. Echivalența acestora cu izolatoare românești este dată în tabelul 4.12.

Tabelul 4.12

Echivalența izolatoarelor de sticlă călită din U.R.S.S. cu cele românești

PS 6—A	CTS 60
Ps 120—B	CTS 120—1
PS 160—V	CTS 160—1
PS 160—A	CTS 160—1
PSG 70—B	CTS 70—2p
PSG 120—A	CTS 120—2p

4.6. Lanțuri de izolatoare

4.6.1. Considerații generale

Pentru înaltă și foarte înaltă tensiune, ca și parțial pentru medie tensiune, se folosesc lanțuri din mai multe elemente izolatoare, care pot fi tip tijă (cu inimă plină) sau cel mai adesea tip capă-tijă.

În prezent la noi în țară cele mai răspîndite elemente izolatoare pentru lanțuri sînt cele tip capă-tijă din sticlă călită.

În afară de elementele izolante, lanțurile de izolatoare mai comportă o serie de cleme și armături, care servesc la realizarea legăturii cu stîlpii liniei și cu conductoarele (v. cap. 5).

Din punct de vedere funcțional lanțurile de izolatoare pot fi:

— de susținere (simple sau duble);

— de întindere (simple, duble, triple sau quadruple).

De asemenea, lanțurile pot fi constituite pentru unul, două sau mai multe conductoare pe fază.

Un lanț de izolatoare compus dintr-un număr determinat de elemente izolatoare este caracterizat prin:

— tensiunea minimă de ținere la impuls în stare uscată;

— tensiunea minimă de ținere la unda de conturnare în stare uscată;

— tensiunea de ținere 1 min la frecvența industrială în stare uscată și sub ploaie;

— tensiunea de 50% conturnare la unda de comutare în stare uscată și sub ploaie;

— tensiunea de 50% conturnare la impuls în stare uscată;

— tensiunea de conturnare la frecvență industrială în stare uscată și sub ploaie;

— lungimea minimă a liniei de fugă;

— sarcina mecanică minimă de rupere la tracțiune.

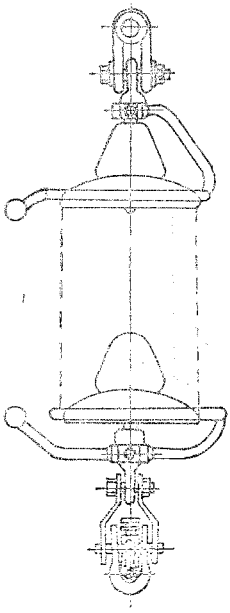


Fig. 4.13. Lanț simplu de susținere.

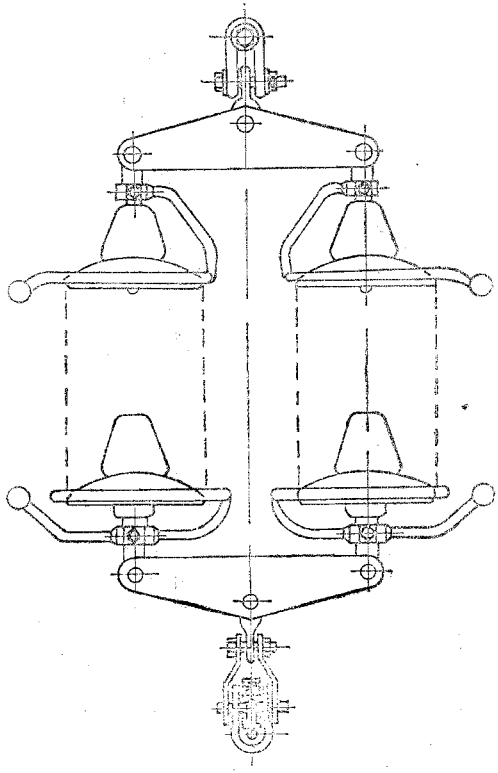


Fig. 4.14. Lanț dublu de susținere.

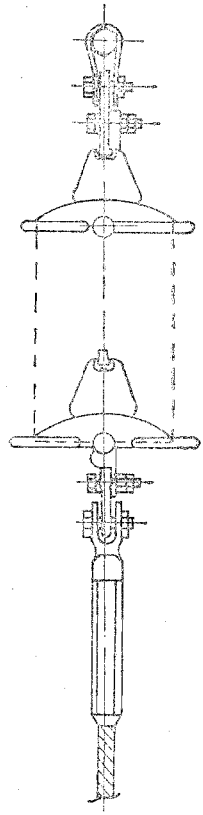


Fig. 4.15. Lanț simplu de întindere.

4.6.2. Lanțuri de izolatoare tipizate

Prin proiectul tip E 100000—85/20 000 întocmit de ISPE și aprobat de Ministerul Energiei Electrice au fost stabilite detalii de proiectare și lanțuri tip pentru *LEA* 110, 220 și 400 kV.

În tabelele 4.13...4.18 sînt date componența, precum și caracteristicile și dimensiunile principale pentru lanțurile de 110 și 220 kV, iar în tabelul 4.19 lista lanțurilor tipizate pentru tensiunea de 400 kV și a altor elemente constructive ale liniilor de 110—400 kV.

Pentru ușurința utilizării, proiectul este codificat prin 5 grupe de litere și cifre pentru tensiunile de 110 și 220 kV, și prin 6 grupe pentru tensiunea de 400 kV, astfel:

Grupa I arată tipul constructiv al lanțului prin:

SS — susținere simplă; **SD** — susținere dublă; **IS** — întindere simplă; **ID** — întindere dublă; **IT** — întindere triplă; **IQ** — întindere quadruplă.

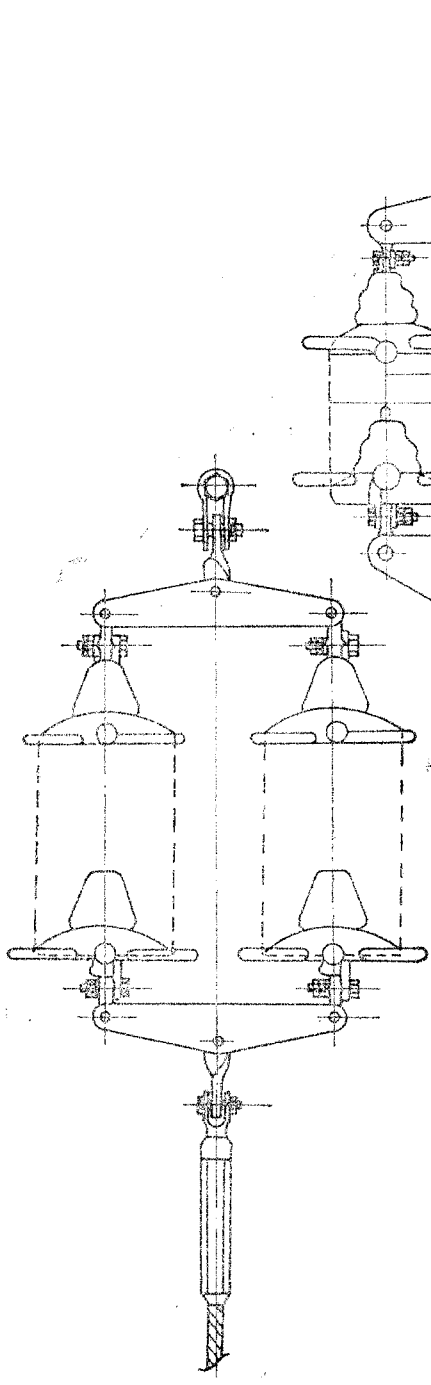


Fig. 4.16. Lanț dublu de întindere.

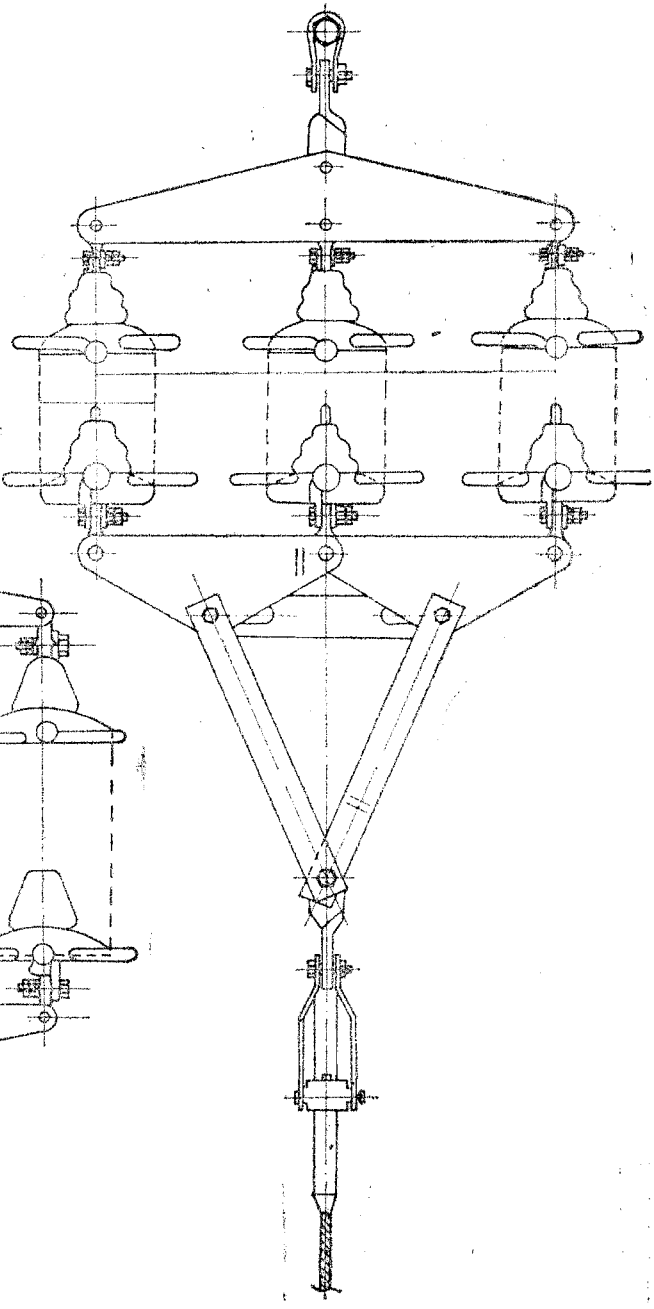


Fig. 4.17. Lanț triplu de întindere.

Tabelul 4.13

Lanţurile simple de susţinere pentru LEA 110 kV echipate cu izolatoare de sticlă tip CTS

Nr. crt.	Simbolul lanţului	Zona de poluare	Numărul şi tipul izolatoarelor	Secţiunea conductoarelor OL-Al	Lungimea lanţului L [mm]	Greutatea lanţului [kg]	Lungimea specifică de fugă [cm/kV]	Tipul clemei de susţinere	Armăturile comune la toate lanţurile
1	SS 110-2-01-A	*I, II*	9 CTS 60	185	1747	53,8	2,16	STIL 185	
2	SS 110-2-03-A	*I, II*	9 CTS 60	185	1735,5	53,7	2,16	CSA-2	CSp-4A-16 1 buc
3	SS 110-2-04-A	*I, II*	9 CTS 60	240—300	1772,5	54,3	2,16	STIL 240—300	OSr-16-12 1 buc
4	SS 110-2-07-A	*I, II*	9 CTS 60	240—300	1697,5	56,1	2,16	CSA-3	APS-2 1 buc
5	SS 110-3-01-A	*III*	12 CTS 60	185	2147,5	66,1	2,88	STIL 185	NORV-16-12[1] 1 buc
6	SS 110-3-03-A	*III*	12 CTS 60	185	2053	66	2,88	CSA-2	API-2 1 buc
7	SS 110-3-04-A	*III*	12 CTS 60	240—300	2180,5	66,6	2,88	STIL 240—300	
8	SS 110-3-07-A	*III*	12 CTS 60	240—300	2097	68,4	2,88	CSA-3	
9	SS 110-3-01-C	*III*	9 CTS 120-2p	185	1887,5	75,4	3,1	STIL 185	
10	SS 110-3-03-C	*III*	9 CTS 120-2p	185	1789	75,3	3,1	CSA-2	
11	SS 110-3-04-C	*III*	9 CTS 120-2p	240—300	1916,5	75,9	3,1	STIL 240—300	
12	SS 110-3-07-C	*III*	9 CTS 120-2p	240—300	1828	77,7	3,1	CSA-3	
13	SS 110-4-01-C	*IV*	11 CTS 120-2p	185	2169,5	88,4	3,8	STIL 185	
14	SS 110-4-03-C	*IV*	11 CTS 120-2p	185	2081	88,3	3,8	CSA-2	
15	SS 110-4-04-C	*IV*	11 CTS 120-2p	240—300	2208,5	88,9	3,8	STIL 240—300	
16	SS 110-4-07-C	*IV*	11 CTS 120-2p	240—300	2120	90,7	3,8	CSA-3	

[1] Pentru lanţurile cu CSA-3 se utilizează NORV-16/33/2 în loc de NORV-16-12.

Lanţurile duble de susţinere pentru LEA

Nr. crt.	Simbolul lanţului	Zona de poluare	Numărul şi tipul izolatoarelor	Secţiunea conductoarelor Ol-Al [mm²]
1	SD 110—2—01—A	*I, II*	2 × 9 CTS 60	185
2	SD 110—2—02—A	*I, II*	2 × 9 CTS 60	185
3	SD 110—2—03—A	*I, II*	2 × 9 CTS 60	185
4	SD 110—2—04—A	*I, II*	2 × 9 CTS 60	240—300
5	SD 110—2—05—A	*I, II*	2 × 9 CTS 60	240
6	SD 110—2—06—A	*I, II*	2 × 9 CTS 60	300
7	SD 110—2—07—A	*I, II*	2 × 9 CTS 60	240—300
8	SD 110—3—01—A	*III*	2 × 12 CTS 60	185
9	SD 110—3—02—A	*III*	2 × 12 CTS 60	185
10	SD 110—3—03—A	*III*	2 × 12 CTS 60	185
11	SD 110—3—04—A	*III*	2 × 12 CTS 60	240—300
12	SD 110—3—05—A	*III*	2 × 12 CTS 60	240
13	SD 110—3—06—A	*III*	2 × 12 CTS 60	300
14	SD 110—3—07—A	*III*	2 × 12 CTS 60	240—300
15	SD 110—3—01—C	*III*	2 × 9 CTS 120—2p	185
16	SD 110—3—02—C	*III*	2 × 9 CTS 120—2p	185
17	SD 110—3—03—C	*III*	2 × 9 CTS 120—2p	185
18	SD 110—3—04—C	*III*	2 × 9 CTS 120—2p	240—300
19	SD 110—3—05—C	*III*	2 × 9 CTS 120—2p	240
20	SD 110—3—06—C	*III*	2 × 9 CTS 120—2p	300
21	SD 110—3—07—C	*III*	2 × 9 CTS 120—2p	240—300
22	SD 110—4—01—C	*IV*	2 × 11 CTS 120—2p	185
23	SD 110—4—02—C	*IV*	2 × 11 CTS 120—2p	185
24	SD 110—4—03—C	*IV*	2 × 11 CTS 120—2p	185
25	SD 110—4—04—C	*IV*	2 × 11 CTS 120—2p	240—300
26	SD 110—4—05—C	*IV*	2 × 11 CTS 120—2p	240
27	SD 110—4—06—C	*IV*	2 × 11 CTS 120—2p	300
28	SD 110—4—07—C	*IV*	2 × 11 CTS 120—2p	240—300

[1] Pentru lanţurile cu CSA 3 se utilizează PR-33 în loc de OD-12 (2 buc).

Lanţurile simple de întindere pentru LEA

Nr. crt.	Simbolul lanţului	Zona de poluare	Numărul şi tipul izolatoarelor	Secţiunea conductelor Ol-Al [mm²]
0	1	2	3	4
1	IS 110—2—11 B	*I, II*	10 CTS—120	185/32
2	IS 110—2—12 B	*I, II*	10 CTS—120	185/32
3	IS 110—2—13 B	*I, II*	10 CTS—120	240/40
4	IS 110—2—14 B	*I, II*	10 CTS—120	240/40
5	IS 110—2—15 B	*I, II*	10 CTS—120	300/50
6	IS 110—2—16 B	*I, II*	10 CTS—120	300/50
7	IS 110—3—11 B	*III*	12 CTS—120	185/32
8	IS 110—3—12 B	*III*	12 CTS—120	185/32
9	IS 110—3—13 B	*III*	12 CTS—120	240/40
10	IS 110—3—14 B	*III*	12 CTS—120	240/40

Tabelul 4.14

10 kV echipate cu izolatoare de stieă tip CTS

Lungimea lanțului L [mm]	Greutatea lanțului [kg]	Lungimea specifică de fugă [cm/kV]	Tipul clemei de susținere	Armăturile comune
2017	121,2	2,16	STIL—185	
2005,5	123,3	2,16	SOL + CSR—185	CSP—4A—16 — 1 buc
1928,5	121,7	2,16	CSA—2	OD—12 — 1 buc
2056	121,6	2,16	STIL 240—300	JS 500/16 — 2 buc
2042,5	125,4	2,16	SOL + CSR—240	OSdr—16—12 — 2 buc
2042,5	126	2,16	SOL + CSR—300	APS—2 — 2 buc
1937,5	123,2	2,16	CSA—3	API—2 — 2 buc
2411,5	145,7	2,88	STIL—185	NSV 16—12 — 2 buc
2400	147,9	2,88	SOL + CSR—185	OD—12[1] — 2 buc
2323	145,6	2,88	CSA—2	
2450,5	146,1	2,88	STIL 240—300	
2437	150	2,88	SOL + CSR—240	
2437	150,6	2,88	SOL + CSR—300	
2332	147,8	2,88	CSA—3	
2167,5	168,3	3,11	STIL—185	
2146	169,1	3,11	SOL + CSR—185	
2069	168,3	3,11	CSA—2	CSp—4 A—16 — 1 buc
2196,5	168,8	3,11	STIL 240—300	OD—20 — 1 buc
2183	172,7	3,11	SOL + CSR—240	JS—500/20 — 2 buc
2183	173,3	3,11	SOL + CSR—300	OSdr 16—12 — 2 buc
2078	170,5	3,11	CSA—3	APS—2 — 2 buc
2449,5	194,3	3,8	STIL—185	API—2 — 2 buc
2438	196,6	3,8	SOL + CSR—185	NSV 16—12 — 2 buc
2361	194,3	3,8	CSA—2	OD—12[1] — 2 buc
2488,5	194,8	3,8	STIL 240—300	
2475	198,7	3,8	SOL + CSR—240	
2475	199,3	3,8	SOL + CSR—300	
2370	196,5	3,8	CSA—3	

Tabelul 4.15

110 kV echipate cu izolatoare de stieă tip CTS

Lungimea lanțului [mm]	Greutatea lanțului [kg]	Lungimea specifică de fugă [cm/kV]	Tipul clemei de tracțiune	Armăturile comune la toate lanțurile
5	6	7	8	9
2556	80,7	2,64	TPD—185/32	
2556	80,7	2,64	TPDf—185/32	
2581	81	2,64	TPD—240/40	B 8/16 — 1 buc
2581	81	2,64	TPDf—240/40	Pdf—25/1 — 1 buc
2543	80,7	2,64	TPD—300/50	Pdl—16/1 — 1 buc
2543	80,7	2,64	TPDf—300/50	OSdr—16/12 — 1 buc
2888	92,1	3,17	TPD—185/32	APS—2 — 1 buc
2888	92,1	3,17	TPDf—185/32	API—2 — 1 buc
2913	92,4	3,17	TPD—240/40	NSV—16/12 — 1 buc
2913	92,4	3,17	TPDf—240/40	

0	1	2	3	4
11	IS 110—3—15 B	*III*	12 CTS—120	300/50
12	IS 110—3—16 B	*III*	12 CTS—120	300/50
13	IS 110—3—11 C	*III*	10 CTS—120—2p	185/32
14	IS 110—3—12 C	*III*	10 CTS—120—2p	185/32
15	IS 110—3—13 C	*III*	10 CTS—120—2p	240/40
16	IS 110—3—14 C	*III*	10 CTS—120—2p	240/40
17	IS 110—3—15 C	*III*	10 CTS—120—2p	300/50
18	IS 110—3—16 C	*III*	10 CTS—120—2p	300/50
19	IS 110—4—11 C	*IV*	12 CTS—120—2p	185/32
20	IS 110—4—12 C	*IV*	12 CTS—120—2p	185/32
21	IS 110—4—13 C	*IV*	12 CTS—120—2p	240/40
22	IS 110—4—14 C	*IV*	12 CTS—120—2p	240/40
23	IS 110—4—15 C	*IV*	12 CTS—120—2p	300/50
24	IS 110—4—16 C	*IV*	12 CTS—120—2p	300/50

Lanțurile duble de întindere pentru LEA

Nr. crt.	Simbolul lanțului	Zone de poluare	Numărul și tipul izolatoarelor	Secțiunea conductoarelor Ol-Al [mm²]
1	ID 110—2—11—B	*I, II*	2 × 10 CTS—120	185/32
2	ID 110—2—12—B	*I, II*	2 × 10 CTS—120	185/32
3	ID 110—2—13—B	*I, II*	2 × 10 CTS—120	240/40
4	ID 110—2—14—B	*I, II*	2 × 10 CTS—120	240/40
5	ID 110—2—15—B	*I, II*	2 × 10 CTS—120	300/50
6	ID 110—2—16—B	*I, II*	2 × 10 CTS—120	300/50
7	ID 110—3—11—B	*III*	2 × 12 CTS—120	185/32
8	ID 110—3—12—B	*III*	2 × 12 CTS—120	185/32
9	ID 110—3—13—B	*III*	2 × 12 CTS—120	240/40
10	ID 110—3—14—B	*III*	2 × 12 CTS—120	240/40
11	ID 110—3—15—B	*III*	2 × 12 CTS—120	300/50
12	ID 110—3—16—B	*III*	2 × 12 CTS—120	300/50
13	ID 110—3—11—C	*III*	2 × 10 CTS—120—2p	185/32
14	ID 110—3—12—C	*III*	2 × 10 CTS—120—2p	185/32
15	ID 110—3—13—C	*III*	2 × 10 CTS—120—2p	240/40
16	ID 110—3—14—C	*III*	2 × 10 CTS—120—2p	240/40
17	ID 110—3—15—C	*III*	2 × 10 CTS—120—2p	300/50
18	ID 110—3—16—C	*III*	2 × 10 CTS—120—2p	300/50
19	ID 110—4—11—C	*IV*	2 × 12 CTS—120—2p	185/32
20	ID 110—4—12—C	*IV*	2 × 12 CTS—120—2p	185/32
21	ID 110—4—13—C	*IV*	2 × 12 CTS—120—2p	240/40
22	ID 110—4—14—C	*IV*	2 × 12 CTS—120—2p	240/40
23	ID 110—4—15—C	*IV*	2 × 12 CTS—120—2p	300/50
24	ID 110—4—16—C	*IV*	2 × 12 CTS—120—2p	300/50

Tabelul 14.15 (continuare)

5	6	7	8	9
2875	92,1	3,17	TPD—300/50	
2875	92,1	3,17	TPDf—300/50	
2556	88,7	3,45	TPD—185/32	
2556	88,7	3,45	TPDf—185/32	
2581	89	3,45	TPD—240/40	
2581	89	3,45	TPDf—240/40	
2543	88,7	3,45	TPD—300/50	
2543	88,7	3,45	TPDf—300/50	
2888	101,7	4,15	TPD—185/32	
2888	101,7	4,15	TPDf—185/32	
2913	102	4,15	TPD—240/40	
2913	102	4,15	TPDf—240/40	
2875	101,7	4,15	TPD—300/50	
2875	101,7	4,15	TPDf—300/50	

Tabelul 4.16

110 kV echipate cu izolatoare de sticlă tip CTS

Lungimea lanțului [mm]	Greutatea lanțului [kg]	Lungimea specifică de fugă [cm/kV]	Tipul clemei de tracțiune	Armăturile comune la toate tipurile
2646,5	167,4	2,64	TPD—185/32	
2646,5	167,4	2,64	TPDf—185/32	B 8/16 — 1 buc
2671,5	167,7	2,64	TPD—240/40	OD—20 — 2 buc
2671,5	167,7	2,64	TPDf—240/40	JS—500/20 — 2 buc
2633,5	167,4	2,64	TPD—300/50	OSr—16—12 — 2 buc
2633,5	167,4	2,64	TPDf—300/50	APS—2 — 2 buc
2938,5	190,2	3,17	TPD—185/32	API—2 — 2 buc
2938,5	190,2	3,17	TPDf—185/32	NORV 16—12 — 2 buc
2963,5	190,5	3,17	TPD—240/40	
2963,5	190,5	3,17	TPDf—240/40	
2925,5	190,2	3,17	TPD—300/50	
2925,5	190,2	3,17	TPDf—300/50	
2646,5	183,4	3,45	TPD—185/32	
2646,5	183,4	3,45	TPDf—185/32	
2671,5	183,7	3,45	TPD—240/40	
2671,5	183,7	3,45	TPDf—240/40	
2633,5	183,4	3,45	TPD—300/50	
2633,5	183,4	3,45	TPDf—300/50	
2938,5	209,4	4,14	TPD—185/32	
2938,5	209,4	4,14	TPDf—185/32	
2963,5	209,7	4,14	TPD—240/40	
2963,5	209,7	4,14	TPDf—240/40	
2925,5	209,4	4,14	TPD—300/50	
2925,5	209,4	4,14	TPDf—300/50	

Lanțurile simple și duble de susținere pentru LEA

Nr. crt.	Simbolul lanțului	Zona de poluare	Numărul și tipul izolatoarelor	Secțiunea conductoarelor Ol-Al [mm²]
1	SS 220—2—08—B	*I, II*	15 CTS—120	450/75
2	SS 220—2—10—B	*I, II*	15 CTS—120	450/57
3	SS 220—3—08—C	*III*	16 CTS—120—2p	450/75
4	SS 220—3—10—C	*III*	16 CTS—120—2p	450/75
5	SS 220—4—08—C	*IV*	21 CTS—120—2p	450/75
6	SS 220—4—10—C	*IV*	21 CTS—120—2p	450/75
1	SD 220—2—08—B [1]	*I, II*	2 × 15 CTS 120	450/75
2	SD 220—2—09—B [1]	*I, II*	2 × 15 CTS 120	450/75
3	SD 220—2—10—B	*I, II*	2 × 15 CTS 120	450/75
4	SD 220—3—08—C	*III*	2 × 16 CTS 120—2p	450/75
5	SD 220—3—09—C	*III*	2 × 16 CTS 120—2p	450/75
6	SD 220—3—10—C	*III*	2 × 16 CTS 120—2p	450/75
7	SD 220—4—08—C	*IV*	2 × 21 CTS 120—2p	450/75
8	SD 220—4—09—C	*IV*	2 × 21 CTS 120—2p	450/75
9	SD 220—4—10—C	*IV*	2 × 21 CTS 120—2p	450/75

[1] Pentru lanțurile cu CSA—4 se utilizează PR—41 în loc de OD—12.

Lanțurile duble de întindere pentru LEA

Nr. crt.	Simbolul lanțului	Zona de poluare	Numărul și tipul izolatoarelor	Secțiunea conductoarelor OL-Al [mm²]
1	ID 220—2—19—D	*I, II*	2 × 13 CTS—160	450/75
2	ID 220—2—20—D	*I, II*	2 × 13 CTS—160	450/75
3	ID 220—3—19—D	*III*	2 × 17 CTS—160	450/75
4	ID 220—3—20—D	*III*	2 × 17 CTS—160	450/75
5	ID 220—4—19—D	*IV*	2 × 23 CTS—160	450/75
6	ID 220—4—20—D	*IV*	2 × 23 CTS—160	450/75

Tabelul 4.19

Lista lanțurilor tipizate pentru LEA cu tensiunea de 400 kV

a. *Susținere simplă 2×450 OL-AL*

SS 400—1—08—B II
SS 400—1—10—B II
SS 400—2—08—B II
SS 400—2—10—B II
SS 400—3—08—C II
SS 400—3—10—C II

b. *Susținere dublă 2×450 OL-AL*

SD 400—1—08—B II
SD 400—1—09—B II
SD 400—1—10—B II
SD 400—2—08—B II
SD 400—2—09—B II
SD 400—2—10—B II
SD 400—3—08—C II
SD 400—3—09—C II
SD 400—3—10—C II

c. *Întindere triplă 2×450 OL-AL*

IT 400—1—19—B II
IT 400—1—20—B II
IT 400—2—19—B II
IT 400—2—20—B II
IT 400—3—19—C II
IT 400—3—20—C II
IT 400—1—19—D II
IT 400—1—20—D II

Tabelul 4.18

220 kV echipate cu izolatoare de sticlă tip CTS

Lungimea lanțului L [mm]	Greutatea lanțului [kg]	Lungimea specifică de fugă [cm/kV]	Tipul clemei de susținere	Armăturile comune la toate lanțurile
2714	106,1	2,00	STIL—450	*Susținere simplă*
2702,5	105,8	2,00	CSA—4	CSp—4 A—16 — 1 buc
2880	124,4	2,78	STIL 450	OSr—16—12 — 1 buc
2848,5	124,3	2,78	CSA—4	APS—2S — 1 buc
3590	157,1	3,64	STIL—450	API—2S — 1 buc
3578,5	156,8	3,64	CSA—4	NORV—16—12 — 1 buc
3034,5	220,2	2,00	STIL—450	*Susținere dublă*
2998	224,9	2,00	SOL + CSR—4	CSp—4 A—16 — 1 buc
2884	220,2	2,00	CSA—4	OD—12 — 1 buc
3180,5	257,2	2,78	STIL—450	JS 500—12 — 2 buc
3144	261,9	2,78	SOL + CSR—4	OSdr—16—12 — 2 buc
3030	257,2	2,78	CSA—4	APS—2S — 2 buc
3910,5	322,2	3,64	STIL—450	NSV—16—12 — 2 buc
3874	326,9	3,64	SOL + CSR—4	API—2S — 2 buc
3760	322,2	3,64	CSA—4	OD—12[1] — 2 buc

Tabelul 4.19

220 kV echipate cu izolatoare de sticlă tip CTS

Lungimea lanțului L [mm]	Greutatea lanțului [kg]	Lungimea specifică de fugă [cm/kV]	Tipul clemei de tracțiune	Armăturile comune la toate lanțurile
3572,3	271,5	2,07	TPD—450/75	B 10/20 1 buc
3572,3	271,5	2,07	TPDf—450/75	OD—20 2 buc
4252,3	335,5	2,70	TPD—450/75	Js—500/20 2 buc
4252,3	335,5	2,70	TPDf—450/75	OSr—20—16 2 buc
5272,3	431,5	3,66	TPD—450/75	APS 2s 2 buc
5272,3	431,5	3,66	TPDf—450/75	API 2s 2 buc
				NORV 16—20 2 buc

IT 400—2—19—D II
IT 400—2—20—D II
IT 400—3—19—D II
IT 400—3—20—D II

d. *Întindere quadruplă 2×450 OL-AL*

IQ 400—1—19—B II
IQ 400—1—20—B II
IQ 400—2—19—B II
IQ 400—2—20—B II
IQ 400—3—19—C II
IQ 400—3—20—C II

e. *Susținere simplă 3×300 OL-AL*

SS 400—1—04—B III
SS 400—1—07—B III

Tabelul 4.19 (continuare)

SS 400—2—04—B III
SS 400—2—07—B III
SS 400—3—04—C III
SS 400—3—07—C III
SS 400—1—04—D III
SS 400—1—07—D III
SS 400—2—04—D III
SS 400—2—07—D III

f. *Susținere dublă 3×300 OL-AL*

SD 400—1—04—B III
SD 400—1—06—B III
SD 400—1—07—B III
SD 400—2—04—B III
SD 400—2—06—B III
SD 400—2—07—B III

Tabelul 4.19 (continuare)

SD 400—3—04—C III
SD 400—3—06—C III
SD 400—3—07—C III

g. *Întindere triplă 3×300 OL-AL*

IT 400—1—17—D III
IT 400—1—18—D III
IT 400—2—17—D III
IT 400—2—18—D III
IT 400—3—17—D III
IT 400—3—18—D III

h. *Întindere quadruplă 3×300 OL-AL*

IQ—400—1—17—B III
IQ—400—1—18—B III
IQ—400—2—17—B III
IQ—400—2—18—B III
IQ—400—3—17—C III
IQ—400—3—18—C III

i. *Susținere simplă 3×450 OL-AL*

SS—400—1—08—D III
SS—400—1—10—D III
SS—400—2—08—D III
SS—400—2—10—D III

j. *Susținere dublă 3×450 OL-AL*

SD—400—1—08—B III
SD—400—1—09—B III
SD—400—1—10—B III
SD—400—2—08—B III
SD—400—2—09—B III
SD—400—2—10—B III
SD—400—3—08—C III
SD—400—3—09—C III
SD—400—3—10—C III

k. *Întindere quadruplă 3×450 OL-AL*

IQ—400—1—19—D III
IQ—400—1—20—D III
IQ—400—2—19—D III
IQ—400—2—20—D III
IQ—400—3—19—D III
IQ—400—3—20—D III

Folosind codificarea lanțurilor de izolatoare arătată mai sus, se pot identifica principalele caracteristici ale lanțurilor de 400 kV.

Prin proiectul tip ISPE mai sînt tipizate:

— montarea conductoarelor de protecție;
— montarea amortizoarelor de vibrații cu contragreutăți tip AVb;
— montarea amortizoarelor de vibrații tip bretea;
— montarea contragreutăților la lanțurile de susținere;
— montarea corzii la lanțurile de întindere;
— montarea distanțierilor la *LEA* 400 kV cu două și trei conductoare pe fază.

Grupa II reprezintă tensiunea nominală a liniei: 110, 220 sau 400 kV

Grupa III indică gradul de poluare al zonei: **1**, **2**, **3** sau **4**

Grupa IV arată tipul clemelor pentru fixarea conductorului activ:

01 — clemă de susținere tip STIL 185; **02** — clemă de susținere tip SOL 185 + CSR 1; **03** — clemă de susținere tip CSA-2; **04** — clemă de susținere tip STIL 240—300; **05** — clemă de susținere tip SOL 240 + CSR 2; **06** — clemă de susținere tip SOL 300 + CSR 3; **07** — clemă de susținere tip CSA-3; **08** — clemă de susținere tip STIL 450; **09** — clemă de susținere tip SOL 450 + CSR 4; **10** — clemă de susținere tip CSA 4; **11** — clemă de întindere prin presare tip TPD 185/32; **12** — clemă de întindere prin presare tip TPDf 185/32; **13** — clemă de întindere prin presare tip TPD 240/40; **14** — clemă de întindere prin presare tip TPDf 240/40; **15** — clemă de întindere prin presare tip TPD 300/50; **16** — clemă de întindere prin presare tip TPDf 300/50; **17** — clemă de întindere prin presare tip TPD 300/69; **18** — clemă de întindere prin presare tip TPDf 300/69; **19** — clemă de întindere prin presare tip TPD 450/75; **20** — clemă de întindere prin presare tip TPDf 450/75.

Grupa V arată tipul elementului izolator:

A — izolator CTS 60—1; **B** — izolator CTS 120—1; **C** — izolator CTS 120—2p; **D** — izolator CTS 160—1.

Grupa VI (numai la 400 kV) indică numărul conductoarelor active pe fază:

II — două conductoare pe fază; **III** — trei conductoare pe fază.

Pentru *LEA* 6...20kV, la care în mod obișnuit se utilizează izolatoare suport, pentru cazurile în care sînt necesare lanțuri de izolatoare, la susținere sau la întindere, acestea sînt mai simple. Astfel de lanțuri sînt arătate în fig. 4.18 (lanț simplu de susținere) și fig. 4.19 (lanțuri simple și duble de întindere).

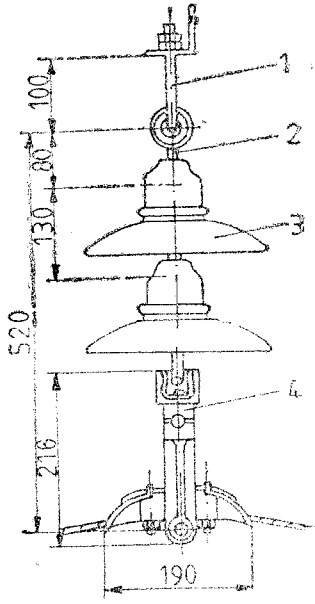
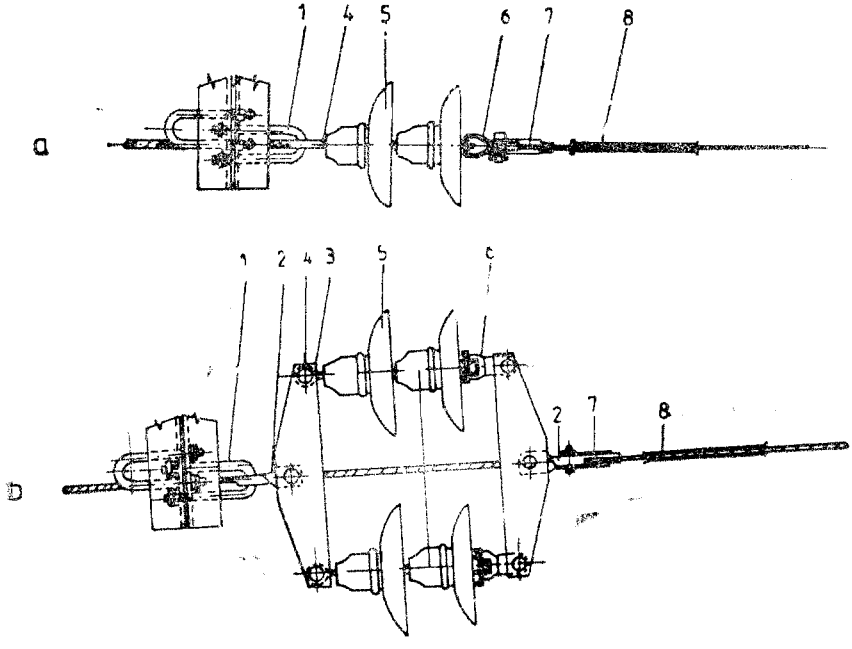


Fig. 4.18. Lanț simplu de susținere 6—20 kV:

1 — cîrlig pentru suspendarea lanțului de izolatoare; 2 — ochi de suspensie simplu; 3 — izolator capă-tijă; 4 — clemă de susținere oscilantă fără declanșare.

Fig. 4.19. Lanțuri simple și duble de întindere 6—20 kV:

a — lanț simplu de întindere; *b* — lanț dublu de întindere; *1* — cîrlig pentru suspendarea lanțurilor de izolatoare; *2* — ochi de suspensie dublu; *3* — jug simplu pentru armături de suspensie; *4* — ochi de suspensie simplu; *5* — izolator capă-tijă *6* — nucă scurtă din platbandă; *7* — clemă de tracțiune tip potcoviță; *8* — clemă cu crestături.



4.7. Alegerea izolatoarelor

4.7.1. Condiții mecanice

Izolatoarele trebuie să aibă o rezistență mecanică suficient de mare, astfel încît să facă față eforturilor transmise de conductoare, atît în regim normal de funcționare, cît și în regim de avarie : vînt, chiciură, temperaturi scăzute.

Rezistența mecanică a izolatorului este caracteriszată prin sarcina mecanică de rupere, iar pentru calcul se au în vedere procente din sarcina de rupere mecanică minimă. Pentru liniile electrice aeriene cu tensiunea peste 1 kV aceste procente se dau în tabelul 4.20.

Tabelul 4.20

Procentele din sarcina de rupere mecanică pentru stabilirea sarcinilor de calcul a izolatoarelor la LEA cu tensiuni peste 1 kV

Tipul lanțului de izolatoare	Regimul de funcționare	Tipul izolatoarelor		
		Izolator suport	Izolator tijă (cu inimă plină)	Izolator capă-tijă
		Procent din sarcina de rupere minimă [%]		
Susținere	Normal	70	50	80
	Avarie	85	85	95
Întindere	Normal	50	40	65
	Avarie	70	70	85

Prin regimul de avarie din tabelul 20 se înțelege : în cazul lanțurilor multiple de întindere, ruperea unui element izolator dintr-o ramură ; în cazul lanțurilor multiple de susținere, fie ruperea unui element de izolator dintr-o ramură, fie ruperea conductorului ; în cazul lanțurilor simple de susținere, ruperea conductorului.

Izolatoarele trebuie dimensionate din punct de vedere mecanic, astfel încît în ipotezele maxime de încărcare forțele de calcul să fie mai mici sau cel puțin egale cu sarcina de calcul a izolatorului.

La liniile electrice aeriene cu tensiuni pînă la 1 kV inclusiv, în calculele pentru dimensionarea izolatoarelor se consideră un coeficient de siguranță de 2,5 față de sarcina mecanică de rupere a izolatorului.

4.7.2. Condiții electrice

Pentru linii electrice aeriene cu tensiuni peste 1 kV

Normativul PE 104/85 prevede satisfacerea următoarelor condiții :

1) Tensiunea de ținere la frecvență industrială timp de 1 min sub ploaie și tensiunea de ținere la impuls de undă de formă normalizată de 1,2/50 μs, funcție de tensiunea nominală a liniei să aibă cel puțin valorile din tabelul 4.21.

Tabelul 4.21

Valorile prescrise pentru tensiunile de ţinere la frecvenţă industrială şi la impuls pentru izolatoarele şi lanţurile de izolatoare la LEA cu tensiuni peste 1 kV

Tensiunea nominală a LEA U_n [kV]	Tensiunea cea mai ridicată a reţelei U_{Mr} $[kV]_{ef}$	Tensiunea de ţinere la frecvenţă industrială timp de 1 min sub ploaie [kV]	Tensiunea de ţinere la impuls la undă de 1,2/50 μs $\pm[kV]_{max}$
1	1,2	10	20
6	7,2	35	75
20	24	55	125
110	123	230	550
220	245	460	1050
400	420	680	1550

2) Lungimea minimă a liniei de fugă specifice (cm/kV) trebuie să corespundă prevederilor din STAS 6272—82 şi din Normativul privind alegerea izolaţiei, coordonarea izolaţiei şi protecţia instalaţiilor electroenergetice împotriva supratensiunilor — PE 109/81 (tabelul 4.22).

Tabelul 4.22

Lungimile minime ale liniei de fugă specifice

Tipul zonei	Gradul de poluare a zonei	Lungimea minimă a liniei de fugă specifice [cm/kV]	
		Pentru reţele de 100...400 kV	Pentru reţele de 3...35 kV
Zonă nepoluată	*I*	1,5	1,7
Zonă uşor poluată	*II*	2	1,7
Zonă poluată	*III*	2,7	2,5
Zonă intens poluată	*IV*	3,6	3,5

Verificarea se face cu relaţia:

$$Nl_c/U_{Mr} \geqslant \lambda_c; \tag{4.1}$$

N — numărul de izolatoare din lanţ; l_c — lungimea drumului efectiv de scurgere [cm]; U_{Mr} — tensiunea cea mai ridicată a reţelei între faze [kV]; λ_c — lungimea liniei de fugă specifică, indicată pentru zona de poluare [cm/kV].

Clasificarea industriilor după acţiunea noxelor asupra izolaţiei electrice şi clasificarea zonelor ţării din punct de vedere al poluării se dau în tabelele 4.23 şi 4.24.

3) La *LEA* cu tensiuni nominale de 110 kV şi mai mult este obligatorie folosirea armăturilor de protecţie împotriva arcului electric.

4) La *LEA* 110 kV numărul de izolatoare la lanţurile de întindere formate din elemente de tip capă şi tijă se ia mai mare cu o unitate decît la lanţurile de susţinere.

Tabelul 4.23

Clasificarea industriilor după acțiunea noxelor asupra izolației externe a instalațiilor electrice (conform PE 109/81)

Nr. crt.	Denumirea industriei	Agenți poluanți emanați	Categoria
0	1	2	3
	I. *INDUSTRII CHIMICE*		
1	Fabrici de amoniac, acid azotic și îngrășăminte azotoase	Amoniac, oxizi de azot	A
2	Fabrici de acid sulfuric și bioxid de sulf	Bioxid de sulf	A
3	Fabrici de clor, acid clorhidric și produse clorurate	Clor, acid clorhidric	A
4	Fabrici de acid fluorhidric și a sărurilor lui	Acid fluorhidric	A
5	Fabrici de sulfuri și hidrogen sulfurat	Hidrogen sulfurat	A
6	Fabrici de produse sodice (sodă caustică, sodă calcinată)	Clorură de sodiu Carbonat de sodiu	A
7	Fabrici de îngrășăminte chimice complexe (superfosfați)	Bioxid de sulf Pirită	A
8	Fabrici de celuloză și hîrtie	Hidrat de sodiu Sulfat de sodiu	A
9	Fabrici de fibre artificiale (tip viscoză, acetat)	Hidrogen sulfurat Sulfură de carbon	A
10	Fabrici de săruri minerale	Săruri minerale	A
11	Fabrici de carbid	Oxid de calciu Cărbune, carbid	A
12	Fabrici de negru de fum	Negru de fum	A
13	Fabrici și rafinării pentru prelucrarea petrolului	Hidrocarburi ușoare bioxid de sulf	B
14	Fabrici de coloranți organici și produse intermediare	Oxizi de azot, bioxid de sulf, clor, acid clorhidric	B
15	Fabrici de coloranți minerali	Oxizi de fier, oxid de calciu Carbonat de calciu	B
16	Fabrici de medicamente sintetice		B
17	Fabrici de monomeri pentru materiale plastice (clorură de vinilin, clorură de viniliden etc.)	Acid clorhidric	B
18	Fabrici de cauciuc sintetic (cloropren, tiocaucen)	Acid clorhidric Oxizi de sulf	B
19	Fabrici de prelucrare și regenerare a cauciucului	Negru de fum Talc	B
20	Fabrici de solvenți organici	Benzol, toluol, xilol, eteri, alcool	C
21	Fabrici de reactivi organici		C
22	Fabrici de distilare a lemnului	Alcool metilic, acid acetic, acetonă, terebentină	C
23	Fabrici de rășini sintetice	Fenol, formol etc.	C
24	Fabrici de prelucrare mecanică a materialelor plastice	Pulberi de materiale plastice	C
25	Fabrici de lacuri și vopsele	Solvenți organici	C
26	Fabrici de laminate obținute prin presare (hîrtie sau țesături îmbibate cu rășini)	Solvenți organici	C
27	Fabrici de produse galenice		C
28	Fabrici de taninuri		C

Tabelul 4.23 (continuare)

0	1	2	3
	II. *INDUSTRIA METALURGICĂ, A CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI A PRELUCRĂRII METALELOR*		
1	Uzine de preparate a coxului	Pulberi de cărbune	A
2	Uzine de topire a fontei	Bioxid de carbon Oxizi de sulf	A
3	Uzine de topire a metalelor neferoase direct din minereuri și concentrate	Bioxid de sulf, pulberi de minereuri complexe	A
4	Uzine de fabricare a aluminiului (procedeu Pechiney sau similar)	Pulberi de oxid de aluminiu, criolit, acid fluorhidric	B
5	Uzine de fabricare a metalelor neferoase		B
6	Uzine de topire a oțelului prin metoda Martin și prin convertizor	Bioxid de carbon, oxizi metalici, pulberi de cărbune	B
7	Uzine de fabricare a oțelului în cuptoare electrice		B
8	Uzine de turnare a fontei	Pulberi de amestec formare	B
9	Uzine de măcinare a zgurei	Pulberi zgură	B
10	Uzine de înnobilare a metalelor	Oxizi metalici	B

Tabelul 4.24

Clasificarea teritorială a României în zone cu un anumit grad de poluare (conform PE 109/81)

Nr. crt.	Caracteristicile zonei		Distanța față de sursa de poluare [km]	Gradul de poluare a zonei
0	1		2	3
1	Zone forestiere, montane, zone agricole nefertilizate cu îngrășăminte chimice, localități rurale și orașe care nu au întreprinderi cu surse de poluare		—	*I*
2	Zone agricole fertilizate cu îngrășăminte chimice		—	*II*
3	Zone mlăștinoase, cu ceață frecventă sau situate lîngă cursuri de apă (rîuri, fluvii)		0—1 km de la cursul de apă sau zona mlăștinoasă	*II*
4	Triaje de căi ferate și traversări de linii ferate unde se folosește tracțiunea cu abur		Se limitează la zona considerată	*II*
5	Orașe mari, zone cu trafic rutier intens		Se limitează la zona considerată	*II*
6	Instalații chimice	Categoria *A*	Peste 10 km	*I*
			7—10 km	*II*
			5— 7 km	*III*
			0— 5 km	*IV*
		Categoria *B*	Peste 7 km	*I*
			5— 7 km	*II*
			0— 5 km	*III*
		Categoria *C*	Peste 3 km	*I*
			0— 3 km	*II*

Tabelul 4.24. (continuare)

0	1		2	3
7	Industria metalurgică, de construcții de mașini, de prelucrare a metalelor și industria materialelor de construcții	Categoria *A*	Peste 7 km 5— 7 km 3— 5 km 0— 3 km	*I* *II* *III* *IV*
		Categoria *B*	Peste 5 km 3— 5 km 0— 3 km	*I* *II* *III*
		Categoria *C*	Peste 3 km 0— 3 km	*I* *II*
8	Industria pentru prelucrarea lemnului, industria textilă, industria pentru prelucrarea produselor alimentare și animaliere	Categoria *A*	Peste 5 km 3— 5 km 0— 3 km	*I* *II* *III*
		Categoria *B*	Peste 3 km 0— 3 km	*I* *II*
9	Extragerea minereurilor metalifere și nemetalifere	Categoria *A*	Peste 7 km 5— 7 km 3— 5 km 0— 3 km	*I* *II* *III* *IV*
		Categoria *B*	Peste 5 km 3— 5 km 0— 3 km	*I* *II* *III*
		Categoria *C*	Peste 3 km 0— 3 km	*I* *II*
10	Instalații sanitare tehnice și de salubritate comunală, ferme zootehnice		Peste 3 km 0— 3 km	*I* *II*
11	Centrale termoelectrice având un consum de combustibil (în etapa finală), pînă la 150 t c.c./h folosind :	Combustibil solid	Peste 4 km 2— 4 km 0— 2 km	*I* *II* *III*
		Păcură	Peste 3 km 1— 3 km 0— 1 km	*I* *II* *III*
		Gaze naturale	Peste 1 km 0— 1 km	*I* *II*
12	Centrale termoelectrice avînd un consum de combustibil (în etapa finală) peste 150 t c.c./h, folosind :	Combustibil solid	Peste 5 km 3— 5 km 0— 3 km	*I* *II* *III*
		Păcură	Peste 4 km 2— 4 km 0— 2 km	*I* *II* *III*
		Gaze naturale	Peste 1 km 0— 1 km	*I* *II*

Tabelul 4.24 (continuare)

0	1		2	3
13	Zone situate lîngă litoral *Notă:* Cifrele din paranteză se referă la zona litoralului aflată la nord de paralela 44°30′		Peste 18 (10) km 15(7)—18(10) km 10(5)—15(17) km 0 —10 (5) km	*I* *II* *III* *IV*
14	Terenuri saline având:	Max. 3% săruri solubile în sol	Zona respectivă	*II*
		Peste 3% săruri solubile în sol	Zona respectivă	*III*

Observații :

1) Clasificarea industriilor în categoriile *A*, *B*, *C* se face în funcție de acțiunea noxelor asupra izolației externe a instalațiilor electrice (v. tabelul 4.23). O apreciere mai corectă se poate obține pe bază de măsurători.

2) La stabilirea gradului de poluare a zonei este necesar să se țină seama și de:
— caracterul sursei de poluare;
— intensitatea poluării;
— configurația terenului;
— condițiile meteorologice locale;
— direcția și intensitatea vînturilor.

3) În cazul existenței în zonă a mai multor surse poluante, gradul de poluare se va stabili după efectul cumulativ al agenților nocivi.

5) La liniile sau la porțiunile de linie situate la altitudini peste 1000 m valorile tensiunilor de ținere la frecvență industrială și la impuls din tabelul 4.2 se vor mări cu 1,25% pentru fiecare 100 m peste 1000 m.

6) În cazul stîlpilor cu înălțimi peste 50 m, utilizați în cadrul marilor traversări, nivelul de izolație se va mări, de la caz la caz, astfel încît să se asigure un grad de siguranță sporit ținînd sema de descărcările atmosferice, de microclimatul din zonă și de dificultățile efectuării lucrărilor de întreținere la înălțime.

7) În cazul în care se cer măsuri de siguranță mărită se vor dubla lanțurile de izolatoare sau se vor dubla legăturile la izolatoarele suport și se va mări nivelul de izolație prin adăugarea unui izolator suplimentar capă-tijă la LEA 110 kV, 2 izolatoare la LEA 220 kV și 3 izolatoare la LEA 400 kV; la liniile cu izolator suport se va alege un tip de izolator de tensiune superioară.

4.7.3. Alte condiții tehnice cerute izolatoarelor:

— să fie nehigroscopice;
— să nu fie influențate de agenții atmosferici și de agenți chimici;
— să nu-și modifice calitățile timp îndelungat;
— să fie ușor de montat și transportat;
— să aibă o bună stabilitate termică; în legătură cu aceasta se definește rezistența termomecanică, care este capacitatea izolatorului de a suporta

o variație lentă de la temperatura de $-30\,°C$ la $+60\,°C$ și invers, concomitent cu o sarcină mecanică de tracțiune, egală cu 50% din sarcină mecanică de rupere a izolatorului.

4.7.4. Dimensionarea lanțurilor de izolatoare

Se verifică încadrarea în valorile prescrise pentru tensiunile de ținere la frecvența industrială și la impuls (tabelul 4.21) și pentru lungimea minimă a liniei de fugă specifice (tabelul 4.22), ținînd seama de gradul de poluare a zonei în care se instalează linia electrică.

Din punct de vedere mecanic se verifică încadrarea în valorile din tabelul 4.20; pentru lanțurile de întindere se aplică în plus un coeficient de încărcare egal cu 1,3.

Ținînd seama de datele menționate, numărul de izolatoare rezultate (pentru tipurile de izolatoare uzuale de tip capă-tijă din sticlă călită) pe baza criteriilor la tensiunile de ținere și la poluare este dat în tabelul 4.25.

Dintre cifrele rezultate N și n_e din tabel se va lua pentru fiecare zonă de poluare cifra cea mai mare, de exemplu, pentru *LEA* 110 kV cu izolatoare CTS 60 se vor lua:

— pentru zona I — 9 elemente;
— pentru zona *II* — 9 elemente;
— pentru zona *III* — 12 elemente;
— pentru zona *IV* — 15 elemente.

Cu titlu de documentare se dau în tabelul 4.26 tensiunile de ținere și de conturnare a unor lanțuri de izolatoare uzuale în România stabilite pe bază de încercări la ICEMENERG și la Institutul Politehnic București (conform Îndreptarului de proiectare ISPE nr. 6345/85).

4.8. Încercarea izolatoarelor

Izolatoarele liniilor electrice aeriene se supun la verificări de tip, verificări de lot și verificări individuale.

4.8.1. Verificările de tip

Acestea se execută în fabrică la asimilarea produsului și la introducerea oricărei modificări în construcția, natura sau calitatea materialelor sau în procesul tehnologic de fabricație, care ar putea influența calitatea sau condițiile de funcționare a izolatoarelor.

4.8.2. Verificările de lot

Acestea au drept scop stabilirea calității lotului de izolatoare de același tip, prezentat la recepție. Verificările de lot se execută pe un număr n de izolatoare prelevat din lotul N de izolatoare prezentat pentru recepție. Numărul n se stabilește considerînd izolatoarele produse fără întrerupere, în aceleași condiții tehnologice, într-un schimb de lucru, o zi sau o săptămînă, dar nu mai mult de 5000 buc.

Conform STAS 6272—82 se execută următoarele verificări de lot:

1) *Verificarea formei, dimensiunilor și aspectului exterior.* Verificarea se face vizual pentru n izolatoare. Forma, dimensiunile și abaterile limită la dimensiuni ale izolatoarelor trebuie să corespundă standardului de produs. Glazura trebuie să fie fără crăpături sau porozități, dură și rezistentă.

2) *Verificarea comportării la variații bruște de temperatură.* Se efectuează pe un număr n de izolatoare. Izolatoarele sînt scufundate brusc într-o baie de apă cu o temperatură cu 70 °C mai ridicată decît cea dintr-o baie de apă curentă. Izolatoarele rămîn scufundate timp de $(15 + 0{,}7\ M)$ min, dar nu mai mult de 30 min, unde M este masa izolatorului, apoi sînt scoase și introduse brusc în baia de apă curentă. Alternanța de la cald la rece se efectuează de 3 ori, după care se verifică dacă izolatoarele nu prezintă fisuri sau deteriorări ale glazurii.

După această încercare, izolatoarele clasa *St* (străpungibile) sînt supuse timp de 5 min la o tensiune alternativă de frecvență industrială (v. pct. i), iar cele de clasa *Ns* (nestrăpungibile) la încercări mecanice (v. pct. h).

Tabelul 4.23

Numărul de elemente dintr-un lanț stabilit după criteriul tensiunii de ținere și după criteriul poluării

Tensiunea nominală [kV]	Tensiunea maximă de serviciu U_{Mr} [kV]	Tipul elementului de izolator	Numărul N de elemente după criteriul tensiunii de ținere	Numărul n_e de elemente după criteriul poluării			
				Zona *I* $\lambda_e = 1{,}5$	Zona *II* $\lambda_e = 2{,}0$	Zona *III* $\lambda_e = 2{,}7$	Zona *IV* $\lambda_e = 3{,}6$
110	123	CTS 60	9	7	9	12	15
		CTS 120	9	6	8	11	14
		CTS 120—2p	9	—	—	8	11
220	245	CTS 120	15	12	15	21	27
		CTS 120—2p	15	—	—	16	21
		CTS 160	13	10	13	17	23
400	420	CTS 120—2p	—	—	—	27	—
		CTS 160	21	17	22	29	—

Tensiunile de ținere și de conturnare a unor lanțuri uzuale în România

Tensiunea nominală [kV]	Tipul de izolator	Numărul de elemente	Tensiunea de contur			
			ITT uscat		ITC uscat	
			+	−	+ (A)	−
110	CTS 60—1	1 × 7	466	533	445	524
		1 × 9	609	675	578	664
		1 × 11	785	803	700,5	825
		2 × 7	447	508	436	505
		2 × 9	594	665	557	635
		2 × 11	729	789	662	752
	CTS 120—2p	1 × 7	475	561	464	517
		1 × 9	625	698	583	676
		1 × 11	789	856	712	832
		1 × 13	941	995	843	988
220	CTS 120—2p	1 × 11	810	871	728	858
		1 × 13	975	1046	857	969
		1 × 15	1182	1213	970	1110
		1 × 17	1305	1341	1062	1260
		2 × 11	803	871	708	795
		2 × 13	966	1011	811	952
		2 × 15	1143	1235	924	1097
		2 × 17	1314	1399	1021	1220
		1 × 11	797	873	722	832
		1 × 13	947	1011	835	950
		1 × 15	1164	1185	985	1097
		1 × 17	1281	1342	1094	1246
		2 × 11	783	866	716	782
		2 × 13	931	1018	798	942
		2 × 15	1082	1166	907	1079
		2 × 17	1275	1372	1078	1228
	CTS 160—1	1 × 12	1078	1145	873	1030
		1 × 14	1318	1339	983	1215
		1 × 16	1413	1509	1113	1413
		2 × 12	1051	1125	857	1025
		2 × 14	1281	1389	969	1203
		2 × 16	1460	1481	1077	1358
400	CTS 160—1	2 × 17	—	—	1271	—
		2 × 19	1726	1793	1356	1648
		2 × 21	1968	1981	1460	1838
		2 × 23	2120	—	—	—

Notă: ITT — impuls de tensiune de trăznet; ITC — impuls de tensiune de comu

Tabelul 4.26

(stabilite pe bază de încercări la ICEMENERG şi la Institutul Politehnic Bucureşti)

nare 50% $[kV]_{max}$		Tensiunea de ţinere 2% ITT+uscat $[kV]_{max}$	Poluarea		Zona de poluare conform:	
ITC ploaie			LFS [cm/kV]	Salinitatea [g/l]	PE109	Salinitatea
+	−					
421	516	445				
536	632	582	2,16	40	*II*	*III*
655	741	752				
416	504	430				
517	631	563	2,16	40	*II*	*III*
592	723	722				
442	510	429				
560	638	612	3,07	224	*III*	*IV*
709	817	774	3,07	224	*III*	*IV*
798	971	924				
713	804	791				
802	902	959	1,72	14	*I*	*II*
930	1096	1146	2,00	28	*II*	*II*
1005	1232	1289				
680	718	799				
716	771	962	1,72	14	*I*	*II*
876	972	1122	2,00	28	*II*	*II*
953	1193	1293				
710	813	771				
790	910	931	2,23	56	*II*	*III*
864	1086	1141	2,57	160	*II*	*IV*
998	1240	1215				
697	804	768				
729	893	923	2,23	56	*II*	*III*
896	1028	1135	2,57	160	*II*	*IV*
983	1202	1217				
782	936	1063				
885	1128	1304	2,23	28	*II*	*II*
990	1284	1394				
782	877	1037				
922	1077	1232	2,23	28	*II*	*II*
1028	1112	1440				
1178	1193	—				
1224	1325	1681				
1383	—	1946				
—	—	2091				

taţie; LFS — linie de fugă specifică.

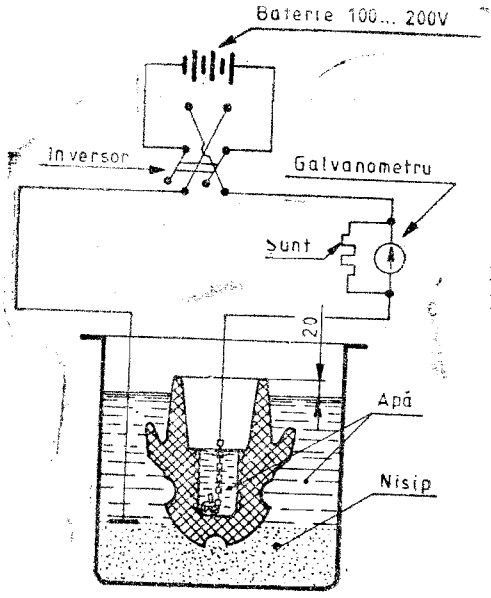


Fig. 4.20. Schema de montaj pentru determinarea rezistenței de izolație.

3) *Determinarea rezistenței de izolație.* Se efectuează pe un număr n de izolatoare numai pentru izolatoarele cu $U_N < 1000$ V. Se folosește schema din fig. 4.20, la o tensiune continuă de 100—200 V.

Valoarea rezistenței de izolație măsurate trebuie să se încadreze în valorile prevăzute în tabelele 4.1—4.3 și 4.5.

4) *Încercarea mecanică de 24 h.* Se efectuează numai pentru elementele de lanț pe un număr de 3/4 din n izolatoare.

Izolatoarele sînt supuse timp de 24 h la o sarcină mecanică de tracțiune, aplicată axial și egală cu sarcina mecanică de încercare de 24 h specificată în standardul sau în norma tehnică de produs.

5) *Determinarea tensiunii de străpungere.* Se efectuează numai pe izolatoarele străpungibile pe un număr egal cu $n/4$ pentru izolatoarele cu $U_N \geqslant 1000$ V și pe $n/2$ pentru izolatoarele cu $U_N < 1000$ V.

Pentru această probă izolatoarele sînt introduse complet într-un recipient conținînd un dielectric care să împiedice descărcările pe suprafața izolatorului.

Se aplică o tensiune de frecvență industrială între părțile solicitate în funcționare normală; tensiunea de încercare se mărește progresiv pînă la valoarea tensiunii de ținere 1 min la frecvență industrială, apoi este mărită cu ≈ 1000 V/s, pînă la străpungere. Tensiunea de străpungere nu trebuie să fie mai mică decît 1,35 ori tensiunea de conturnare în stare uscată.

6) *Determinarea sarcinii de rupere electromecanice.* Se efectuează numai pentru elementele de lanț străpungibile pe un număr de $n/4$ izolatoare. Prin această încercare elementele de lanț sînt supuse simultan la o tensiune de frecvență industrială și la o sarcină de tracțiune.

Tensiunea trebuie să fie de 50—60% din tensiunea de ținere prescrisă la frecvență industrială în stare uscată a elementului de lanț și menținută constantă pe toată durata încercării.

Sarcina de tracțiune trebuie mărită progresiv începînd de la o valoare egală cu 75% din sarcina de rupere electromecanică prescrisă, pînă la atingerea sarcinii de rupere electromecanică.

Se consideră că izolatorul a corespuns încercării dacă nu se produce vreo străpungere.

7) *Determinarea sarcinii mecanice de rupere,* Se efectuează pe un număr egal cu $n/4$ pentru izolatoarele cu $U_N \geqslant 1000$ V și cu $n/2$ pentru izolatoarele cu $U_N < 1000$ V.

Se aplică izolatorului o sarcină mecanică mărită progresiv pînă la atingerea sarcinii de rupere mecanică prescrisă, la care izolatorul trebuie să reziste.

8) *Încercarea mecanică individuală.* Se face numai pentru elementele de lanț pe un număr de $n/4$ izolatoare.

Elementele de lanț de clasă *Ns* (nestrăpungibile) trebuie să reziste timp de cel puțin 1 min la o sarcină de tracțiune egală cu 60% din sarcina de rupere prescrisă.

Elementele de clasă *St* trebuie să reziste cel puțin 10 s la o sarcină de tracțiune egală cu 40% din sarcina de rupere electromecanică prescrisă.

Se consideră că izolatorul a corespuns dacă în timpul încercării nu s-a produs deteriorarea lui.

9) *Încercarea electrică individuală.* Se efectuează numai pentru izolatoarele străpungibile pe un număr egal cu $n/4$ la izolatoarele cu $U_N \geqslant 1000$ V și un număr n la izolatoarele cu $U_N < 1000$ V.

Pentru această încercare izolatoarele sînt montate ca în fig. 4.21. Golul din interior al izolatorului se umple cu apă la partea filetată.

Tensiunea se aplică între apa din baie și apa din golul interior al izolatorului. Pentru izolatoarele capă-tijă tensiunea se aplică între armăturile metalice ale acestora.

Tensiunea alternativă de frecvență industrială se mărește rapid pînă se obțin conturnări repetate la intervale de 4—5 s. Durata de aplicare trebuie să fie de cel puțin 5 min consecutive.

Izolatoarele trebuie să nu fie străpunse în cursul încercării sau să nu prezinte la sfîrșitul încercării o creștere sensibilă a temperaturii.

10) *Verificarea porozității.* Se face pentru 2—3 cioburi provenite de la izolatoarele încercate la sarcina mecanică de rupere. Încercarea se face prin aplicarea unei soluții de fuxină conform STAS 1292—65. Izolatoarele sînt considerate necorespunzătoare dacă soluția de fuxină a pătruns în interiorul masei metalice.

11) *Verificarea rezistenței la coroziune a armăturilor.* Se face pentru cîte o armătură din trei izolatoare diferite. Verificarea calității acoperirilor metalice de protecție se efectuează în conformitate cu prevederile STAS 7221—75.

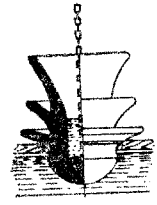


Fig. 4.21. Montarea izolatorului pentru încercarea electrică individuală.

4.8.3. Verificări individuale

Se efectuează pe numărul total N de izolatoare următoarele verificări:
— verificarea formei și aspectului exterior (v. §§ 4.8.2.1);
— încercarea electrică individuală, numai pentru izolatoarele străpungibile (v. §§ 4.8.2.9).

4.9. Marcarea, ambalarea și livrarea izolatoarelor

Fiecare izolator trebuie marcat în mod durabil și vizibil, pe suprafața corpului izolant, *cel puțin cu următoarele date:*
— marca de fabrică a întreprinderii producătoare;
— tensiunea nominală, în kV (numai pentru izolatoarele suport);
— sarcina mecanică garantată;
— săptămîna și anul de fabricație.

Ambalarea izolatoarelor se face astfel încît să se evite atingerea izolatoarelor între ele sau de pereții ambalajelor. Izolatoarele tip capă-tijă se ambalează sub formă de lanțuri echipate cu agrafe pentru zăvorîrea rotulei în lăcașul de rotulă.

Livrarea izolatoarelor de înaltă tensiune se face numai în stare armată.

Fiecare lot de livrare trebuie să fie însoțit de documentul de certificare a calității, care să cuprindă cel puțin următoarelor date:
— marca de fabrică a întreprinderii producătoare;
— tipul izolatoarelor și numărul de izolatoare din lotul de livrare;
— numărul buletinului de încercare cu ștampila întreprinderii a organului CTC și semnătura și ștampila recepționerilor;
— numărul standardului sau normei tehnice de produs.

Izolatoarele livrate sînt garantate timp de un an de la data punerii în funcțiune, dar nu mai mult de doi ani de la livrare, în condițiile respectării instrucțiunilor de transport, depozitare, montare și exploatare.

5. CLEME ȘI ARMĂTURI

5.1. Definiții. Probleme cu caracter general

Clemele și armăturile realizează legătura electrică și mecanică între conductoarele liniei, izolatoare și stîlpii liniilor electrice aeriene.

Prin cleme se înțeleg piesele care sînt în contact direct cu conductoarele și asigură legătura electrică și/sau mecanică între conductoare sau între acestea și izolatoare.

Armăturile sînt piese sau dispozitive de legătură intermediare între izolatoare și consolele stîlpilor sau între cleme și izolatoare. În această categorie sînt cuprinse și unele dispozitive cu rol de protecție împotriva arcurilor electrice, dispozitivele de amortizare a vibrațiilor conductoarelor și distanțierele dintre conductoare la liniile cu mai multe conductoare pe fază.

Pentru a evita avarii pe linie, clemele și armăturile trebuie să aibă o construcție robustă și să realizeze o fixare sigură a conductoarelor și izolatoarelor pe stîlpii liniei.

Din punct de vedere mecanic armăturile și clemele trebuie să reziste la sarcinile mecanice transmise de conductoare, care pot fi statice sau dinamice (de exemplu la ruperea unui conductor.).

Clemele și armăturile pentru LEA cu $U_n \geqslant 1000$ V, exclusiv clemele de întindere și înnădire se aleg astfel încît sarcina lor minimă de rupere să asigure, în raport cu sarcinile care acționează asupra lor în ipotezele de încărcare maximă (vînt simultan cu chiciură pe elementele liniei la temperatura de formare a chiciurii) ca forțele de calcul să fie mai mici sau cel mult egale cu sarcinile de calcul ale pieselor respective. Acestea se determină prin procente din sarcina de rupere mecanică minimă conform tabelului 5.1.

Pentru regim de avarie din tabelul 5.1 se aplică aceleași prevederi ca la izolatoare (v. § 4.7.1).

Pentru alte piese din oțel (tijele prelungitoare, piesele speciale etc.) se au în vedere rezistențele de calcul folosite în cazul stîlpilor respectivi.

Pentru joasă tensiune se adoptă pentru cleme și armături un coeficient de siguranță egal cu 2 față de sarcina de rupere.

Clemele de înnădire și cele de întindere trebuie să aibă o rezistență mai mare sau cel puțin egală cu rezistența de rupere a conductorului.

Tabelul 5.1

Procentele din sarcina de rupere mecanică pentru stabilirea sarcinilor de calcul a clemelor și armăturilor la LEA cu tensiuni peste 1 kV

Tipul lanțului de izolatoare	Regimul de funcționare	Tipul pieselor	
		Din fontă	Din Oț sau aliaj de Al
		Procent din sarcina de rupere minimă [%]	
Susținere	Normal	70	80
	Avarie	85	95
Întindere	Normal	50	65
	Avarie	70	85

Clemele de legătură electrică trebuie să asigure o bună conductanță electrică, orice contact defect sau imperfect putînd duce la încălzirea, topirea și ruperea conductorului.

Clemele și armăturile lanțurilor de izolatoare ale liniilor de înaltă tensiune trebuie să aibă muchiile rotunjite, pentru a evita descărcările și pierderile prin efluvii (efect Corona). În plus clemele și armăturile trebuie să reziste agenților corosivi, protecția pieselor din oțel sau fontă făcîndu-se prin zincare la cald, conform STAS 7221-75, cu excepția șuruburilor și pieselor cu filet, care se pot proteja și prin zincare electrolitică, conform STAS 7222-74 (pentru condiții grele de exploatare).

Piesele din fontă maleabilă trebuie supuse unui tratament termic de detensionare.

Suprafețele de contact ale clemelor și armăturilor de aluminiu trebuie să fie acoperite pînă la montare cu un strat de vaselină tehnică artificială tip *C* sau *D*, conform STAS 917-73.

În continuare se arată și se dau principalele dimensiuni și caracteristici ale clemelor și armăturilor cu cea mai răspîndită utilizare, grupate după modul de lucru și scopul respectiv.

5.2. Armături pentru fixarea lanțurilor de izolatoare

Fixarea lanțurilor de izolatoare de suporții liniei se face prin diferite tipuri de piese de prindere, care se aleg în funcție de tipul lanțului și de sarcinile mecanice la care sînt supuse.

5.2.1. Armătură tip A

Acest tip de armătură se întrebuințează la fixarea lanțurilor de susținere mai puțin solicitate la sarcini transversale, datorită deformațiilor și lipsei posibilităților de oscilare, ceea ce poate conduce la avarii.

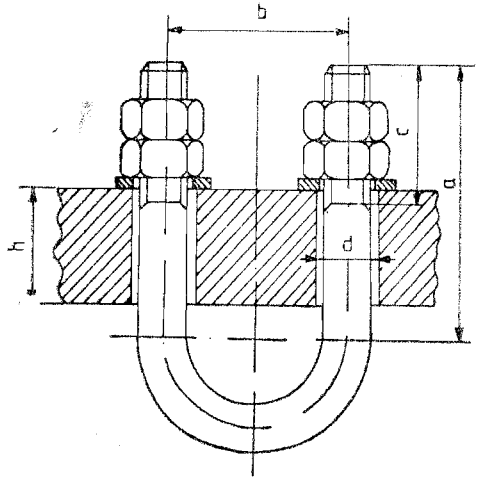


Fig. 5.1. Armătură tip A.

Tabelul 5.2

Armăturile tip A

Simbolul	Dimensiunile [mm]					Sarcina minimă de rupere [daN]	Masa [kg]
	a	*b*	*c*	*d*	*h*		
A 1— 40	96	60	30	16	40	11000	0,586
A 2— 60	116	60	40	16	60	11000	0,650
A 3— 70	126	60	40	16	70	11000	0,681
A 4— 80	136	60	40	16	80	11000	0,713
A 5—100	156	60	40	16	100	11000	0,776
A 6—120	176	60	40	16	120	11000	0,839
A 7— 30	92	60	50	20	30	18000	0,946
A 8—170	232	60	50	20	170	18000	1,638
A 9—270	332	60	50	20	270	18000	2,132
A 10—320	382	60	50	20	320	18000	2,379
A 11— 20	92	80	50	20	20	18000	1,023
A 12— 20	96	80	50	22	20	20000	1,264
A 13—270	346	80	50	22	270	20000	2,754
A 14—300	375	80	50	22	300	20000	2,932
A 15—320	396	80	50	22	320	20000	3,052
A 16— 20	98	80	50	24	20	24000	1,583
A 17/60—28	105	60	80	16	28	11000	0,734
A 18/60—34	150	60	95	20	34	18000	1,412

Material: OL 52. *Finisaj:* zincare la cald.

5.2.2. Cîrlig scoabă tip CS

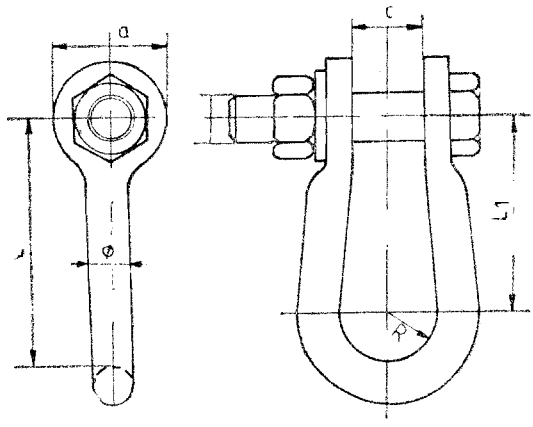


Fig. 5.2. Cîrlig scoabă tip CS.

Tabelul 5.3

Cîrligile scoabă tip CS

Simbolul	Dimensiunile [mm]							Sarcina minimă de rupere [daN]	Masa [kg]
	a	Ø	*c*	*d*	*L*	L_1	*R*		
CS 1 A	42	15	23	M16	79	63	16	12000	0,567
CS 2 A	46	18	23	M20	96	80	16	16000	1,030
CS 3 A	70	23	24	M24	129	110	19	32000	2,240

Material: OL 52. *Finisare:* zincare la cald.

Se execută prin forjare la cald și se folosește atît la lanțurile de susținere, cît și la cele de întindere.

5.2.3. Cîrlig de susținere îmbunătățit din platbandă tip CSp—4 A

Se execută din oțel OL52 zincat la cald.

Are o sarcină de rupere de 16000 daN, o tehnologie de execuție mai simplă, un consum mai redus de metal și de energie și se comportă bine, atît la oscilațiile transversale cît și la cele longitudinale.

Masa: 1,464 kg.

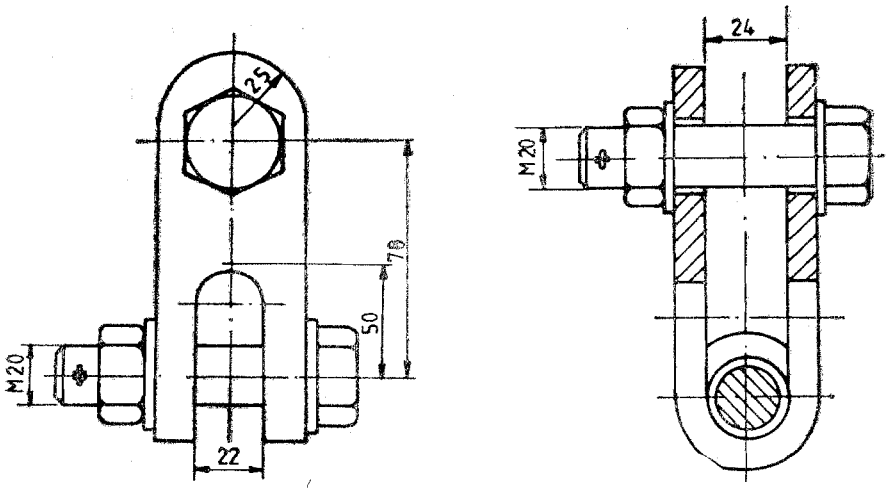


Fig. 5.3. Cîrlig de susținere din platbandă tip CSp-4A.

5.2.4. Cîrlig de articulație tip CAL

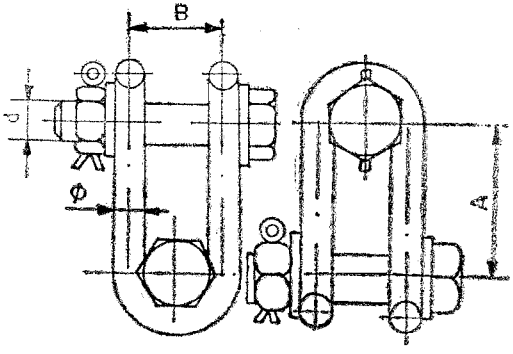


Fig. 5.4. Cîrlig de articulație tip CAL.

Tabelul 5.4

Cîrligle de articulație tip CAL

Simbolul	Dimensiunile [mm]				Sarcina minimă de rupere [daN]	Masa [kg]
	A	*B*	*d*	*Ø*		
CAL 16/1	60	22	M 20	16	16000	1,527
CAL 16/2	100	22	M 20	16	16000	1,678
CAL 20	100	26	M 24	16	20000	2,244
CAL 30	120	26	M 24	20	30000	3,134

Material: OL 52. *Finisaj:* zincare la cald.

Are o bună posibilitate de oscilație în ambele planuri, dar și un dezavantaj constînd din modul de execuție prin sudura cap la cap a oțelului rotund, sudură mai greu controlabilă.

5.2.5. Cîrlig tip B

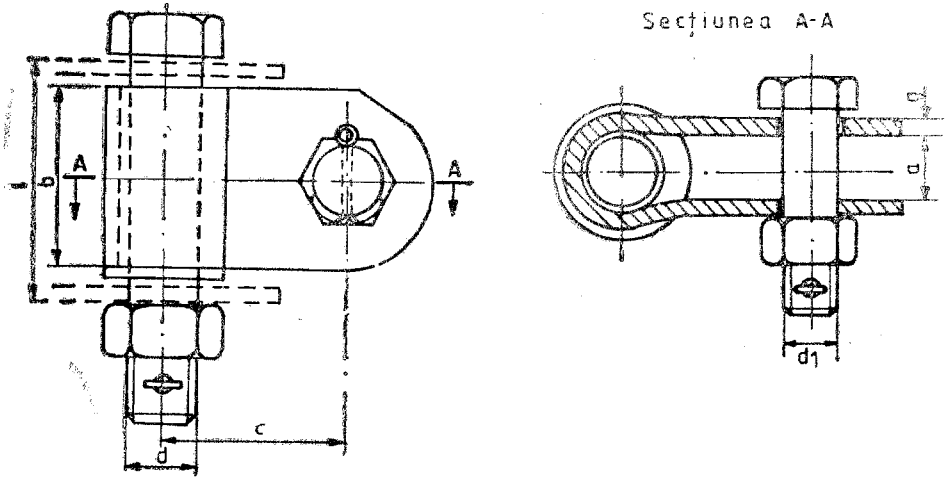


Fig. 5.5. Cîrlig tip B.

Tabelul 5.5

Cîrligile tip B

Simbolul	Dimensiunile [mm]							Sarcina minimă de rupere [daN]	Masa [kg]
	a	*b*	*c*	*l*	*g*	*d*	d_1		
B 6,5/16	22	60	60	80	6	M24	M20	16000	1,678
B 8/16	22	74	60	95	6	M24	M20	16000	1,858
B 10/16	22	94	60	115	6	M24	M20	16000	2,115
B 10/20	22	91	90	120	6	M36	M22	20000	4,187
B 16/20	22	151	90	180	6	M36	M22	20000	5,234
B 10/25	22	91	100	125	6	M36	M24	25000	4,337
B 12/25	22	110	100	145	6	M36	M24	25000	4,710
B 10/35	22	91	110	130	8	M42	M27	35000	5,584
B 12/35	22	110	110	150	8	M42	M27	35000	7,543
B 16/35	22	150	110	190	8	M42	M27	35000	8,483
B 10/42	22	92	120	140	10	M42	M30	42000	7,260
B 13/50	22	130	100	140	12	M42	M30	50000	6,939

Material: OL 52. *Finisaj:* zincare la cald.

Se întrebuințează pentru fixarea lanțurilor de întindere asigurînd oscilații în plan orizontal și vertical, condiție obligatorie la aceste lanțuri.

5.2.6. Cîrlig de articulație HV—16

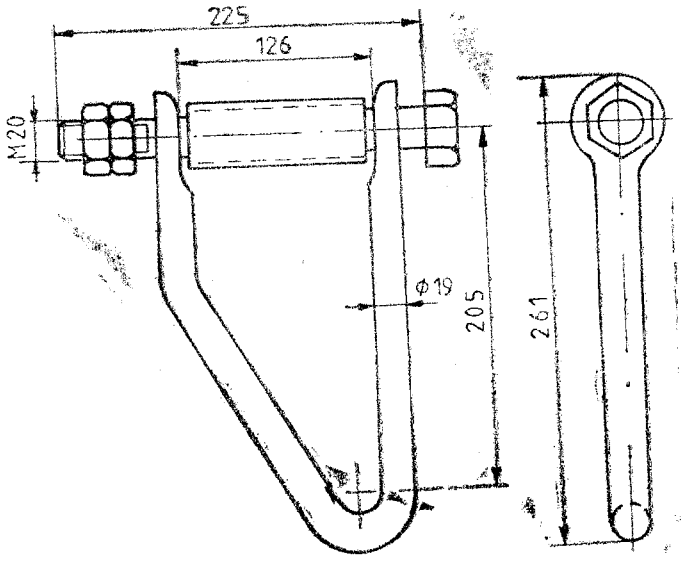


Fig. 5.6. Cîrlig de articulație tip HV-16.

Se execută din oțel OL 50 zincat la cald.
Sarcina minimă de rupere : 16 000 daN.
Masa : 2,367 kg.

5.3. Armături de legătură intermediară

5.3.1. Piesă de distanțare din platbandă tip Pd

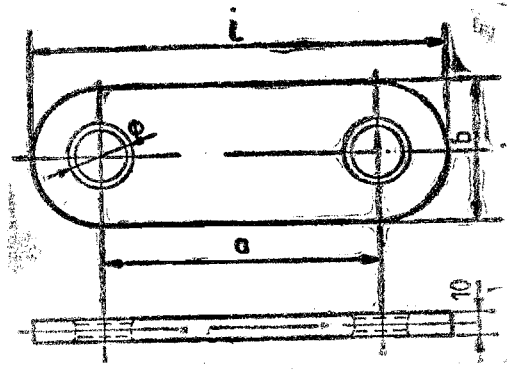


Fig. 5.7. Piesă de distanțare din platbandă tip Pd.

Tabelul 5.6

Piesele de distanțare din platbandă tip Pd

Simbolul	Dimensiunile [mm]				Sarcina minimă de rupere [daN]	Masa [kg]
	L	*a*	*b*	Ø		
Pd16/2	180	120	60	22	16000	0,850
Pd25/1	220	140	60	26	25000	1,036
Pd35/15	240	160	70	30	35000	1,220

Material: OL37 și OL52. *Finisaj:* zincare la cald.

5.3.2. Piesă de distanțare forjată (aplatizată) tip Pb

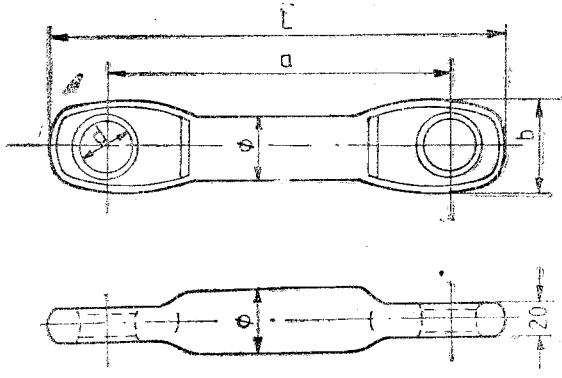


Fig. 5.8. Piesă de distanțare forjată tip Pd.

Tabelul 5.7

Piesele de distanțare forjate tip Pd

Simbolul	Dimensiunile [mm]					Sarcina minimă de rupere [daN]	Masa [kg]
	L	*a*	*b*	*d*	*O*		
Pd 12/ 1 M	110	60	40	22	30	12000	0,470
Pd 12/ 2 M	130	80	40	22	30	12000	0,575
Pd 16/ 1 M	340	290	45	24	32	16000	1,960
Pd 18/ 1 M	410	350	50	26	34	18000	2,720
Pd 20/ 1 M	165	100	55	28	36	20000	1,126
Pd 20/ 2 M	265	200	55	28	36	20000	1,840
Pd 35/ 1 M	180	100	70	30	42	35000	1,635
Pd 35/ 2 M	200	120	70	30	42	35000	1,753
Pd 35/ 3 M	220	140	70	30	42	35000	2,001
Pd 35/ 4 M	240	160	70	30	42	35000	2,189
Pd 35/ 5 M	260	180	70	30	42	35000	2,407
Pd 35/ 6 M	280	200	70	30	42	35000	2,625
Pd 35/ 7 M	295	215	70	30	42	35000	2,788
Pd 35/ 8 M	315	235	70	30	42	35000	2,885
Pd 35/ 9 M	335	255	70	30	42	35000	3,224
Pd 35/10 M	355	275	70	30	42	35000	3,242
Pd 35/11 M	370	290	70	30	42	35000	3,506
Pd 35/12 M	390	310	70	30	42	35000	3,724
Pd 35/13 M	410	330	70	30	42	35000	4,042
Pd 35/14 M	535	455	70	30	42	35000	5,404

Material: OLC 45 forjat. *Finisaj:* zincare la cald.

5.3.3. Ochiul dublu răsucit tip Od

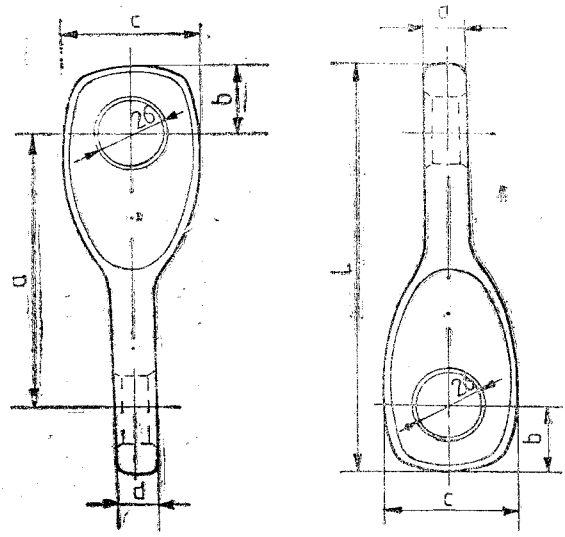


Fig. 5.9. Ochi dublu răsucit Tip Od.

Tabelul 5.3

Ochi dublu răsucit tip Od

Simbolul	Dimensiunile [mm]					Sarcina minimă de rupere [daN]	Masa [kg]
	a	*b*	*c*	*d*	*L*		
OD—12	110	27	45	20	164	12000	0,680
OD—16; 20	120	30	60	20	180	16000—20000	0,070

Material: oțel forjat. *Finisaj:* zincare la cald.

5.3.4. Ochi de suspensie dublu cu gaură alungită tip OD a

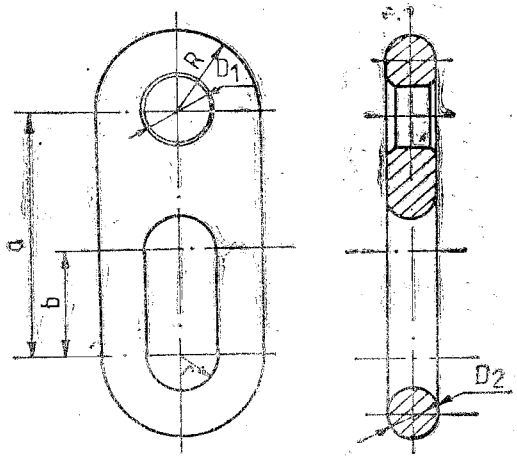


Fig. 5.10. Ochi de suspensie dublu cu gaură alungită tip ODa.

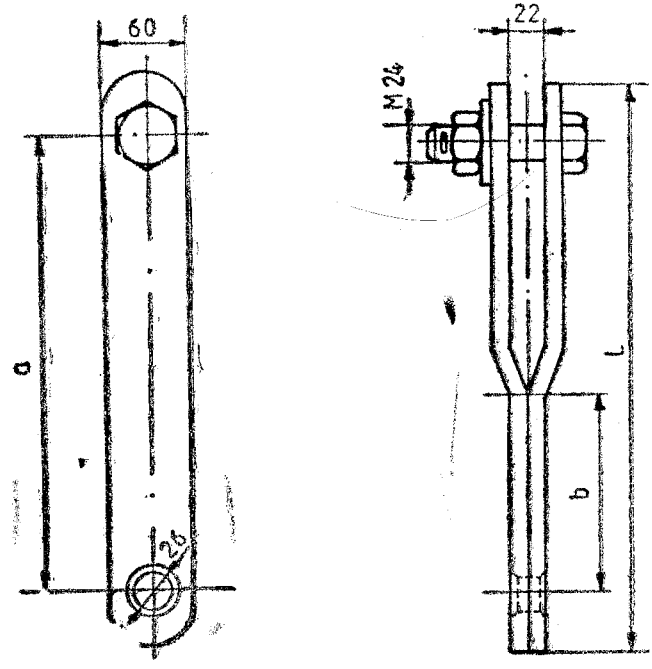
Tabelul 5.9

Ochi de suspensie dublu cu gaură alungită tip ODa

Simbolul	Dimensiunile [mm]						Sarcina minimă de rupere [daN]	Masa [kg]
	a	b	R	r	D_1	D_2		
ODa—20	83,5	35	30,5	12,5	22	18	20000	0,830
ODa—32	110	50	35	15	28	20	32000	1,250

Material: oţel forjat. *Finisaj:* zincare la cald.

5.3.5. Piesă de distanţare furcă tip Pdf



ig. 5.11. Piesă de distanţare furcă tip Pdf.

Tabelul 5.10

Piesele de distanţare furcă tip Pdf

Simbolul	Dimensiunile [mm]			Sarcina minimă de rupere [daN]	Masa [kg]
	a	b	L		
0	1	2	3	4	5
Pdf 25/1	200	80	286	25000	3,007
Pdf 25/2	220	90	306	25000	3,195
Pdf 25/3	240	100	326	25000	3,383

Tabelul 5.10 (continuare)

0	1	2	3	4	5
Pdf 25/4	260	110	346	25000	3,571
Pdf 25/5	280	120	366	25000	3,759
Pdf 25/6	300	130	386	25000	3,947
Pdf 25/7	315	137,5	401	25000	4,088
Pdf 25/8	335	147,5	421	25000	4,276
Pdf 25/9	355	157,5	441	25000	4,464
Pdf 25/10	375	167,5	461	25000	4,652
Pdf 25/11	390	175	476	25000	4,793
Pdf 25/12	410	185	496	25000	4,981
Pdf 25/13	430	195	516	25000	5,169
Pdf 25/14	455	207,5	541	25000	5,404
Pdf 700/1	700	592,8	926	16000	7,505
Pdf 840/16	840	592,8	926	16000	8,840

Material: oțel OL37—52. *Finisaj:* zincare la cald.

5.3.6. Furcă cu ochi răsucit tip FOR

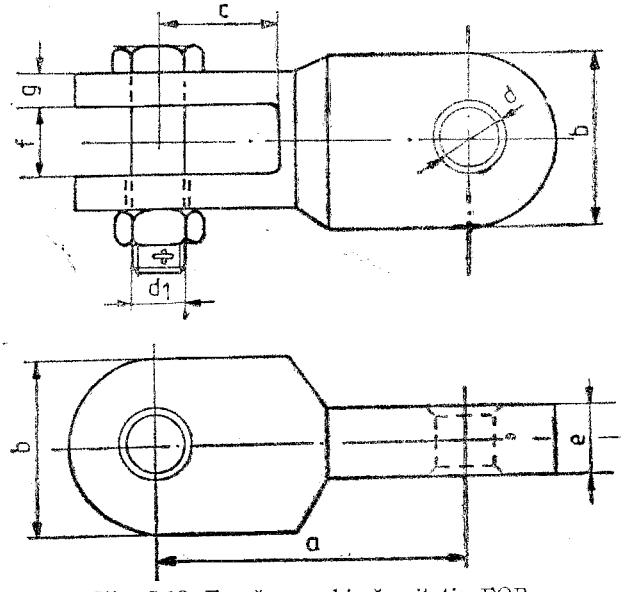


Fig. 5.12. Furcă cu ochi răsucit tip FOR.

Tabelul 5.11

Furcile cu ochi răsucit tip FOR

Simbolul	Dimensiunile [mm]								Sarcina minimă de rupere [daN]	Masa [kg]
	a	*b*	*c*	*d*	d_1	*e*	*f*	*g*		
FOR-12	90	50	35	22	M16	20	22	10	12000	1,160
FOR-16	90	56	35	22	M20	20	22	10	16000	1,420
FOR-33	133	100	55	28	M27	21	23	12	33000	4,602

Material: fontă maleabilă. *Finisaj:* zincare la cald.

5.4. Ochiuri pentru fixarea izolatoarelor

5.4.1. Ochi de suspensie simplu tip OSs

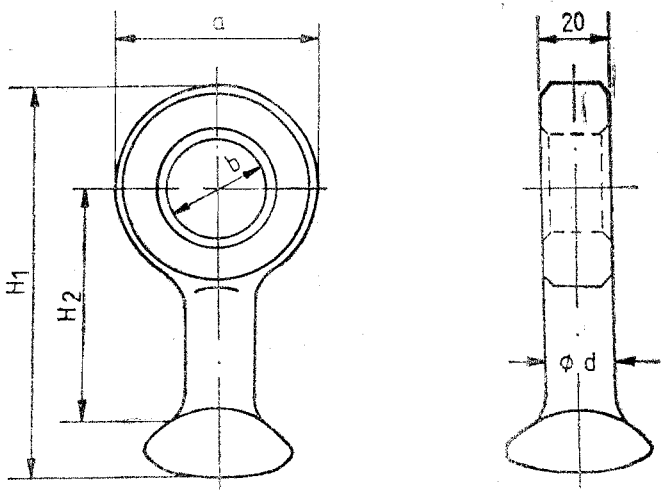


Fig. 5.13. Ochi de suspensie simplu tip OSs.

Tabelul 5.12

Ochi de suspensie simplă tip OSs

Simbolul	Dimensiunile [mm]					Sarcina minimă de rupere [daN]	Masa [kg]
	d	a	b	H_1	H_2		
OSs-16	$17^{+0}_{-1,2}$	55	25	105	64,1	12000	0,410
OSs-20	$21^{+0}_{-1,3}$	60	30	113,5	64	16000	0,540

Material: oţel forjat. *Finisaj:* zincare la cald.

Acest tip de ochi nu permite montarea armăturilor de protecţie contra supratensiunilor.

5.4.2. Ochi de suspensie drept tip OSdr

Tabelul 5.13

Ochi de suspensie drept tip OSdr

Simbolul	Dimensiunile [mm]					Sarcina minimă de rupere [daN]	Masa [kg]
	d	h	L	H	b		
OSdr 16	$17^{+0}_{-1,2}$	56,5	57	103	25	12000	0,930
OSdr 20	$21^{+0}_{-1,3}$	67,5	60	125	30	16000	1,155

Material: oţel forjat. *Finisaj:* zincare la cald.

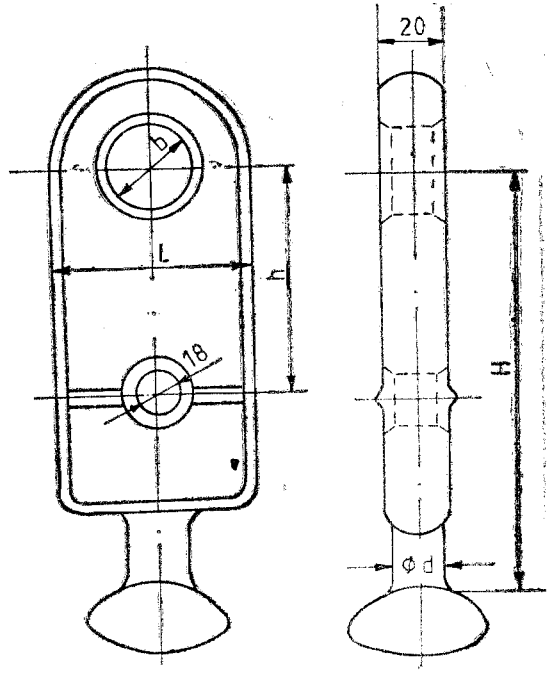


Fig. 5.14. Ochi de suspensie drept tip OSdr.

5.4.3. Ochi de suspensie răsucit tip OSr

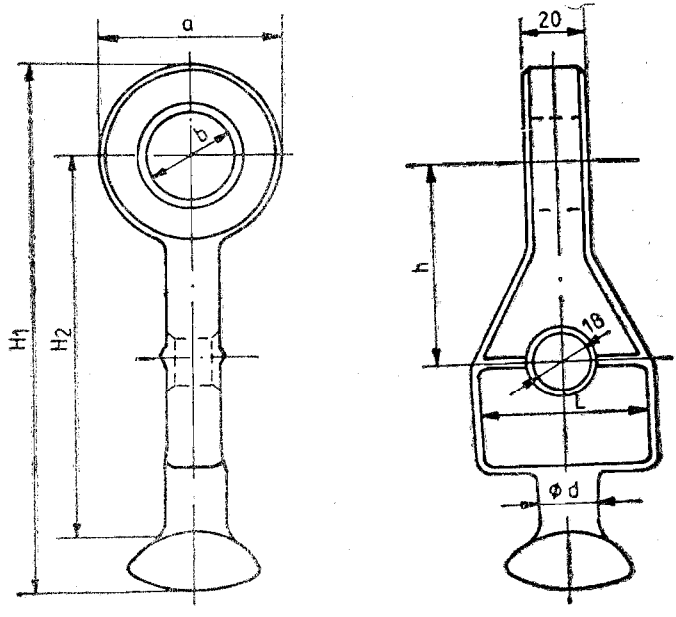


Fig. 5.15. Ochi de suspensie răsucit tip OSr.

Tabelul 5.14

Ochi de suspensie răsucit tip OSr

Simbolul	Dimensiunile [mm]							Sarcina minimă de rupere [daN]	Masa [kg]
	d	*h*	*a*	*b*	*L*	H_1	H_2		
OSr 16	$17^{+0}_{-1,2}$	58	60	30	57	148	104,6	12000	0,665
OSr 20	$21^{+0}_{-1,2}$	67,5	60	30	60	174,5	125	16000	1,050

Material: oţel forjat. *Finisaj:* zincare la cald.

Ochiurile tip OSdr şi OSr permit montara armăturilor de protecţie contra supratensiunilor.

5.4.4. Ochi de suspensie simplu cu gaură alungită tip OSSa

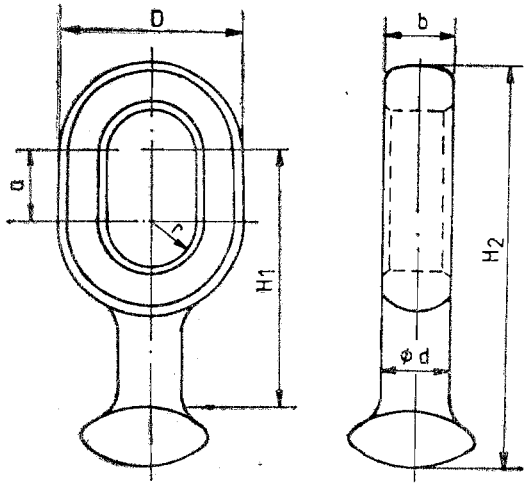


Fig. 5.16. Ochi de suspensie simplu cu gaură alungită tip OSSa.

Tabelul 5.15

Ochi de suspensie simplă cu gaură alungită tip OSSa

Simbolul	Dimensiunile [mm]							Sarcina minimă de rupere [daN]	Masa [kg]
	a	*b*	*Od*	*r*	*D*	H_1	H_2		
OSSa 16	45	18	$17^{+0}_{-1,2}$	12,5	61	112,1	156	12000	0,600
OSSa 20	25	20	$21^{+0}_{-1,2}$	15	70	95,8	150,3	16000	0,810

Material: oţel forjat. *Finisaj:* zincare la cald.

5.5. Armături pentru lanțuri multiple sau conductoare multiple pe fază

5.5.1. Jug simplu tip Js

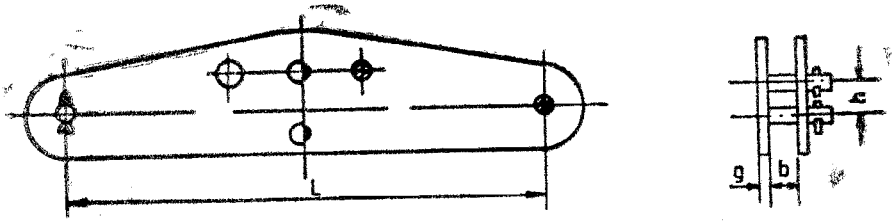


Fig. 5.17. Jug simplu tip Js.

Tabelul 5.15

Juguri simple tip Js

Simbolul	Dimensiunile [mm]				Materialul	Sarcina minimă de rupere [daN]	Masa [kg]
	L	*b*	*g*	*h*			
Js—150/12	150	22	5	30	OL52	12000	1,996
Js—150/12	150	22	6	30	OL37	12000	2,230
Js—200/8	200	22	5	30	OL52	8000	2,334
Js—200/8	200	22	6	30	OL37	8000	2,636
Js—200/12	200	22	6	30	OL52	12000	2,636
Js—200/12	200	22	8	30	OL37	12000	3,282
Js—200/35	200	22	12	125	OL52	35000	6,352
Js—250/8	250	22	5	30	OL52	8000	2,758
Js—250/8	250	22	6	30	OL37	8000	3,078
Js—250/12	250	22	6	30	OL52	12000	3,078
Js—250/12	250	22	8	30	OL37	12000	3,898
Js—250/16	250	22	8	30	OL52	16000	3,898
Js—250/16	250	22	10	30	OL37	16000	4,662
Js—300/16	300	22	8	60	OL52	16000	5,030
Js—400/8	400	22	5	30	OL52	8000	3,738
Js—400/8	400	22	6	30	OL37	8000	4,318
Js—400/12	400	22	8	30	OL52	12000	5,518
Js—400/12	400	22	10	30	OL37	12000	6,674
Js—400/16	400	22	10	30	OL52	16000	6,674
Js—400/16	400	22	12	30	OL37	16000	7,883
Js—400/16	400	22	10	150	OL52	16000	11,825
Js—500/8	500	22	5	60	OL52	8000	5,184
Js—500/8	500	22	6	60	OL37	8000	6,024
Js—500/12	500	22	6	60	OL52	12000	6,024
Js—500/12	500	22	8	60	OL37	12000	7,716
Js—500/16	500	22	8	60	OL52	16000	7,716
Js—500/16	500	22	10	60	OL37	16000	9,530
Js—500/20	500	22	10	60	OL52	20000	9,562
Js—500/20	500	22	12	60	OL37	20000	11,273
Js—500/50	500	22	14	70	OL52	50000	15,784
Js—1000/25	1000	22	10	120	OL52	25000	23,611
Js—1000/25	1000	22	12	120	OL37	25000	28,126
Js—1000/35	1000	22	14	180	OL52	35000	38,450

Material: tablă de oțel. *Finisaj:* zincare la cald.

5.5.2. Jug dublu tip Jd

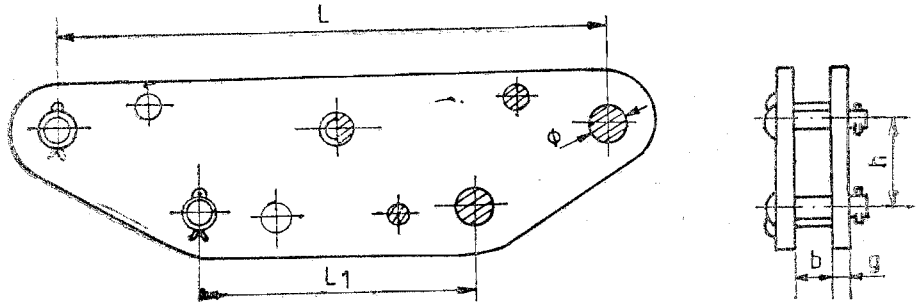


Fig. 5.18. Jug dublu tip Jd.

Tabelul 5.17

Juguri duble tip Jd

Simbolul	Dimensiunile [mm]						Sarcina minimă de rupere [daN]	Masa [kg]	Materialul
	L	L_1	Ø	g	b	h			
Jd 250/150—24	250	150	22	5	22	60	24000	3,448	OL52
Jd 250/150—24	250	150	22	6	22	60	24000	3,948	OL37
Jd 400/150—24	400	150	22	5	22	60	24000	4,780	OL52
Jd 400/150—24	400	150	22	6	22	60	24000	5,614	OL37
Jd 400/200—12	400	200	22	4	22	60	12000	4,171	OL52
Jd 400/200—12	400	200	22	6	22	60	12000	5,784	OL37
Jd 400/175—24	400	175	22	6	22	60	24000	5,714	OL52
Jd 400/175—24	400	175	22	8	22	60	24000	7,474	OL37
Jd 400/200—24	400	200	22	6	22	60	24000	5,784	OL52
Jd 400/200—24	400	200	22	8	22	60	24000	7,352	OL37
Jd 500/200—12	500	200	22	4	22	60	12000	4,756	OL52
Jd 500/200—12	500	200	22	6	22	60	12000	6,534	OL37
Jd 500/200—24	500	200	22	6	22	60	24000	6,634	OL52
Jd 500/200—24	500	200	22	8	22	60	24000	8,512	OL37
Jd 500/400—12	500	400	22	4	22	60	12000	5,196	OL52
Jd 500/400—12	500	400	22	6	22	60	12000	7,394	OL37
Jd 500/400—24	500	400	22	6	22	60	24000	7,334	OL52
Jd 500/400—24	500	400	22	8	22	60	24000	9,652	OL37
Jd 500/400—32	500	400	22	8	22	60	32000	9,652	OL52
Jd 500/400—32	500	400	22	10	22	60	32000	11,522	OL37
Jd 500/400—45	500	400	26	10	22	60	45000	11,949	OL52
Jd 500/400—45	500	400	26	12	22	60	45000	14,087	OL37
Jd 500/ 80—24	500	80	22	6	22	60	24000	6,232	OL52
Jd 500/300—24	500	300	22	6	22	60	24000	6,866	OL52
Jd 1000/500—30	1000	500	26	10	22	120	30000	31,491	OL52
Jd 1000/500—30	1000	500	26	12	22	120	30000	37,550	OL37
Jd 1000/500—45	1000	500	26	10	22	120	45000	32,557	OL52
Jd 1000/500—45	1000	500	26	12	22	120	45000	38,583	OL37

Material: tablă de oțel. *Finisaj:* zincare la cald.

5.6. Nuci de suspensie (armături pentru fixarea clemelor sau armăturilor la izolatoare)

5.6.1. Nucă scurtă cu ochi drept tip NSs

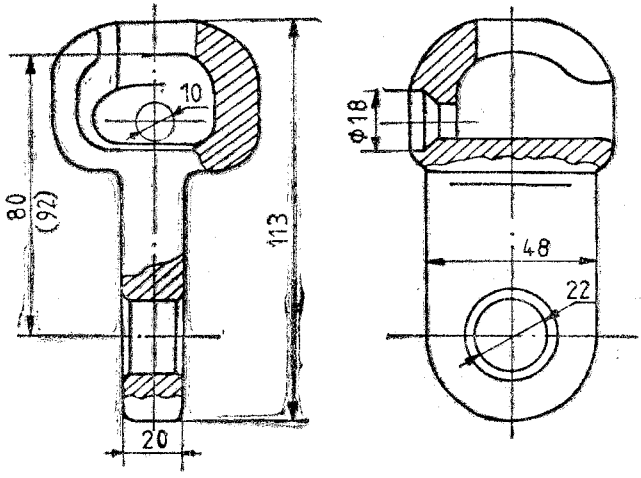


Fig. 5.19. Nucă scurtă cu ochi drept tip NSs-16 și NSs-20.
obs. cota (92) este pentru tipul NSs-20.

Se execută din fontă maleabilă în două tipuri NSs-16 și -20, și se zincheză la cald.
Sarcina minimă la rupere: 16000 daN, respectiv 20000 daN.
Masa: 0,95 kg.
Se fixează cu agrafe de siguranță tip V16B, respectiv V20L.

5.6.2. Nucă cu ochi drept tip NSV

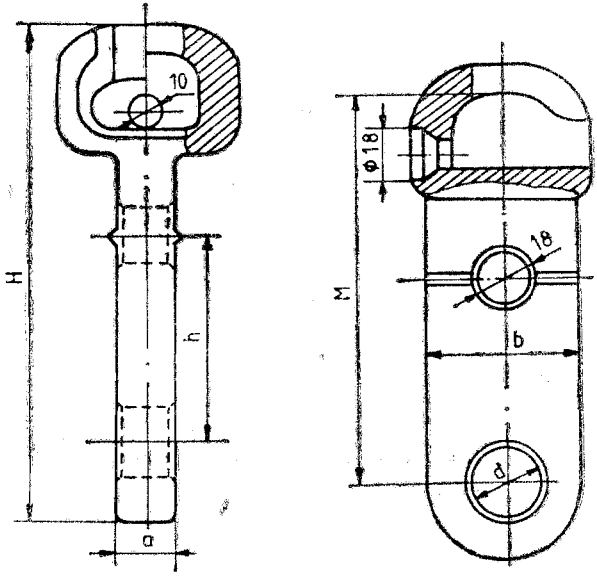


Fig. 5.20. Nucă cu ochi drept tip NSV.

Tabelul 5.18

Nucile cu ochi drept tip NSV

Simbolul	Dimensiunile [mm]						Sarcina minimă de rupere [daN]	Masa [kg]	Tipul agrafe de siguranță
	d	*a*	*b*	*H*	*h*	*M*			
NSV-16	22	18	50	172	74	138	12000	1,350	V16B
NSV-20	26	20	58	197	76	152	16000	1,950	V20

Material: fontă maleabilă turnată Fm. *Finisaj:* zincare la cald.

5.6.3. Nucă cu ochi răsucit tip NORV

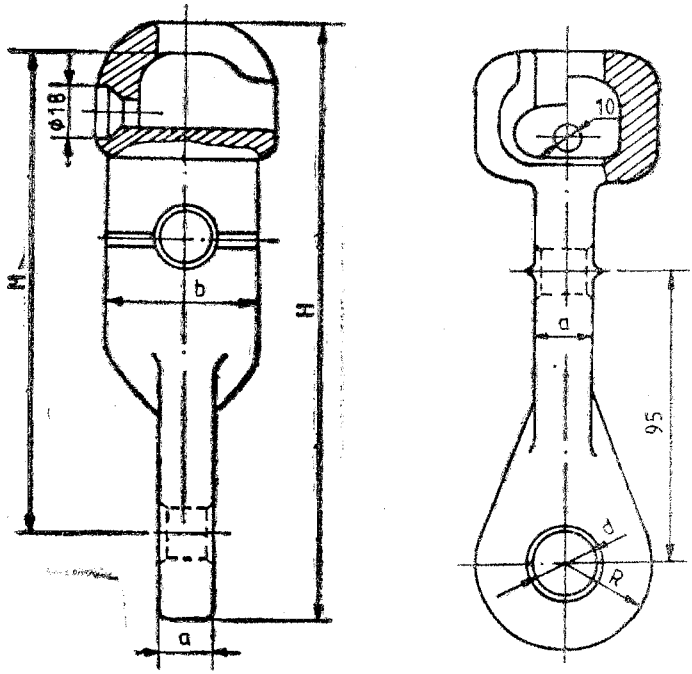


Fig. 5.21. Nucă cu ochi răsucit tip NORV.

Tabelul 5.19

Nucile cu ochi răsucit tip NORV

Simbolul	Dimensiunile [mm]						Sarcina minimă de rupere [daN]	Masa [kg]	Tipul agrafe de siguranță
	d	*a*	*b*	*H*	*R*	*M*			
NORV-16	22	20	50	205	30	166	12000	1,65	V16B
NORV-20	25	20	55	215	32	171	16000	1,95	V20

Material: fontă maleabilă turnată Fm. *Finisaj:* zincare la cald.

Nucile NVS și NORV permit montarea armăturilor de protecție contra supratensiunilor.

5.7. Cleme pentru fixarea conductoarelor active și de protecție

5.7.1. Clemă de susținere oscilantă fără declanșare tip SOL

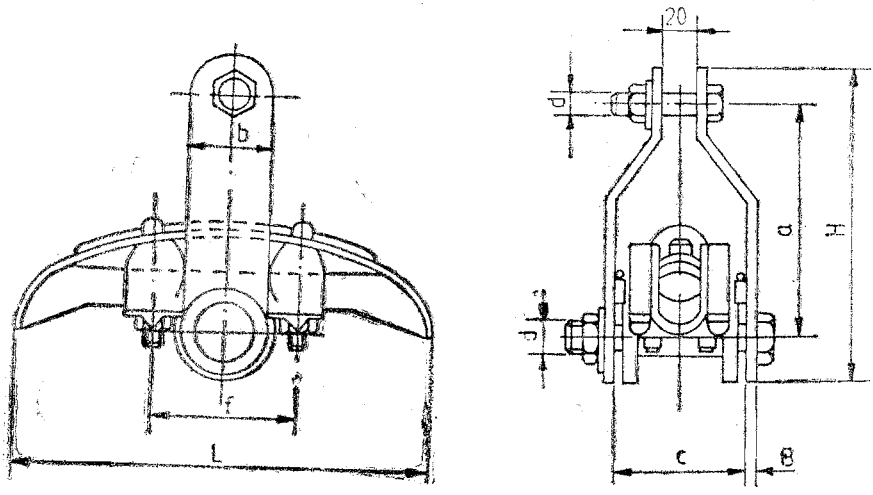


Fig. 5.22. Clemă de susținere oscilantă fără declanșare tip SOL.

Tabelul 5.20

Clemele de susținere oscilantă fără declanșare tip SOL

Simbolul	Dimensiunile [mm]							Sarcina minimă de rupere [daN]	Masa [kg]
	a	*b*	*c*	*d*	*f*	*H*	*L*		
SOL 35—50—70	131	40	57	M20	68	183	195	4000	2,793
SOL 95—120	131	40	71	M20	80	183	210	4000	3,005
SOL 150—185	131	40	73	M20	80	183	230	4000	3,264
SOL 240—300	164	50	80	M20	90	225	260	8000	5,216
SOL 400—500	178	50	87	M20	100	234	280	8000	6,561

Material: fontă maleabilă. *Finisaj:* zincare la cald.

5.7.2. Cleme de susținere oscilantă fără declanșare tip SOF și SOFA pentru conductorul de protecție

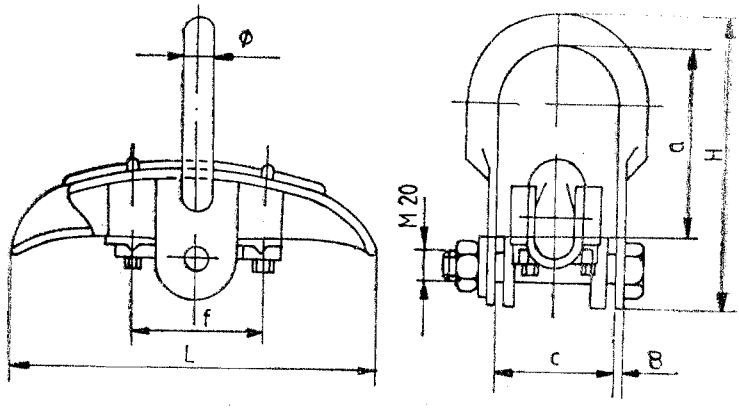


Fig. 5.23. Clemă de susținere oscilantă tip SOF și SOFA fără declanșare pentru conductor de protecție.

Tabelul 5.23

Clemele de susținere oscilante fără declanșare tip SOF și SOFA

Simbolul	Diametrul conductorului [mm]	Dimensiunile [mm]						Sarcina minimă de rupere [daN]	Masa [kg]
		a	*c*	*f*	*H*	*L*	Ø		
SOF —1	8—12	75	57	68	125	190	16	4000	2,183
SOF —2	12—16	75	71	80	125	210	16	4000	2,480
SOF —3	16—19	79	74	80	133	230	20	8000	2,742
SOF —4	19—26	79	80	90	133	260	20	8000	4,331
SOFA—1	8—11	75	57	68	125	190	16	4000	1,572
SOFA—2	11—15	75	71	80	125	210	16	4000	1,780
SOFA—3	15—19	79	74	80	133	230	20	8000	2,029
SOFA—4	19—25	79	80	90	133	260	20	8000	3,280

Material: fontă maleabilă pentru tipul SOF și fontă maleabilă și aliaj de aluminiu pentru tipul SOFA.

Finisaj: zincare la cald pentru elementele din fontă și oțel.

Utilizare: conductoare de oțel — tipul SOF și conductoare de oțel-aluminiu sau aliaj de aluminiu — tipul SOFA.

5.7.3. Clemă de susținere a conductorului de protecție tip CSP

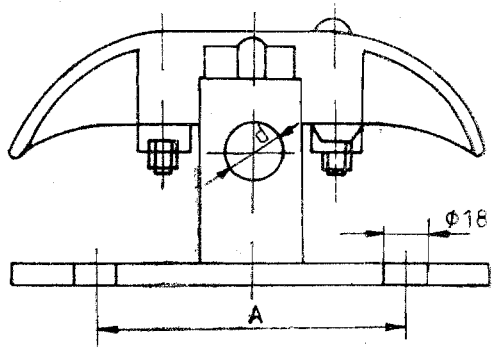


Fig. 5.24. Clemă de susținere a conductorului de protecție tip CSP.

Tabelul 5.22

Clemele de susținere a conductoarelor de protecție tip CSP

Simbolul	Secțiunea conductorului [mm²]	Dimensiunile [mm]		Sarcina minimă de rupere [daN]	Masa [kg]
		A	*d*		
CSP—1	35—70	90	18	4000	3,044
CSP—2	95—120	90	18	4000	3,345
CSP—3	150—180	90	22	4000	3,580
CSP—5	400—450	90	22	8000	6,388

Material: oțel și fontă maleabilă. *Finisaj:* zincare la cald.

5.7.4. Clema de susținere cu tracțiune limitată tip STIL

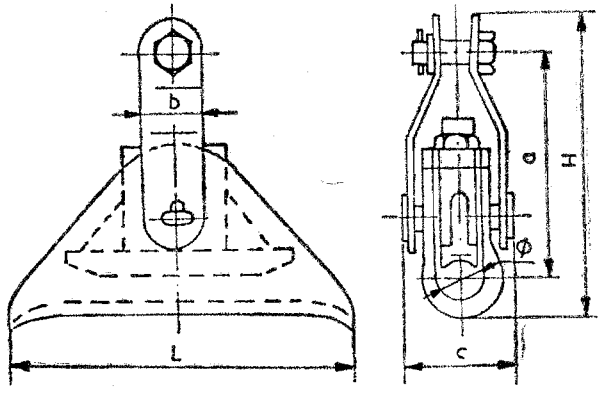


Fig. 5.25. Clemă de susținere cu tracțiune limitată tip STIL.

Tabelul 5.23

Clemele de susținere cu tracțiune limitată tip STIL

Simbolul	Dimensiunile [mm]						Sarcina minimă de rupere [daN]	Masa [kg]
	a	*b*	*c*	*H*	*L*	Ø		
STIL 35—70	99	30	54	131,5	130	17	2000	0,740
STIL 95—120	108	30	58	134,5	130	21	4000	0,892
STIL 150—185	149	40	66	194,5	170	25	6000	1,781
STIL 240—300	185	40	72	233,5	188	31	8000	2,278
STIL 275—190	220	50	84	270,5	245	35	14000	3,942
STIL 400—450	220	50	84	270,5	245	35	10000	3,925
STIL 680	228	50	90	283,5	245	41	12000	4,537
STIL 973	280,5	60	110	354	334	51	14000	6,508

Material: aliaj de aluminiu și OL52. *Finisaj:* piesele din oțel zincate la cald.

5.7.5. Clemă de susținere din aliaj de aluminiu tip CSA

Este o clemă cu tracțiune limitată.

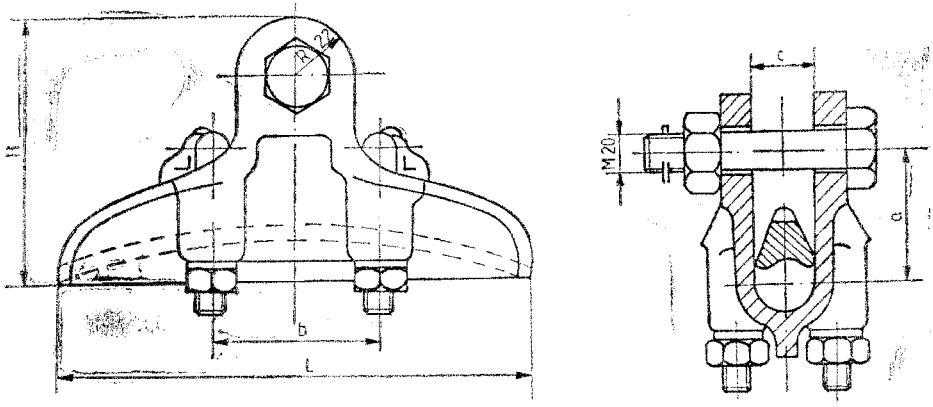


Fig. 5.26. Clemă de susținere din aliaj de aluminiu tip CSA.

Tabelul 5.24

Clemele de susținere din aliaj de aluminiu tip CSA

Simbolul	Diametrul conductorului [mm]	Dimensiunile [mm]					Sarcina minimă de rupere [daN]	Masa [kg]
		a	*b*	*c*	*H*	*L*		
CSA —2	18—23	50	65	24	108	200	9000	1,697
CSA —3	23—29	80	120	36	151	300	10000	3,880
CSA —4	29—38	80	120	46	151	300	12000	4,630
CSA —5	38—45	80	140	55	172	370	12000	4,840
CSA —6	45—52	80	140	60	172	370	12000	4,620

5.7.6. Clemă de tracțiune (întindere) prin presare pentru conductor de protecție din oțel tip TPT

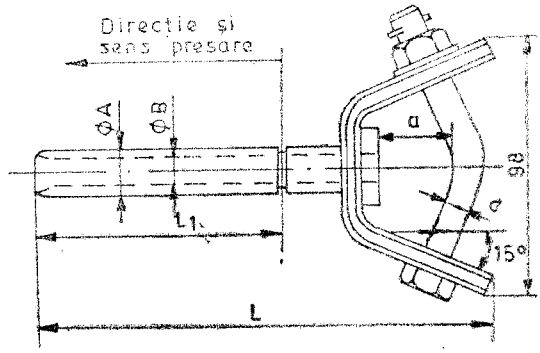


Fig. 5.27. Clemă de tracțiune prin presare pentru conductor de protecție din oțel tip TPT.

Tabelul 5.25

Clemele de întindere pentru conductoarele de protecție din oțel tip TPT

Simbolul	Dimensiunile [mm]						Sarcina minimă de alunecare [daN]	Masa [kg]
	L	L_1	*a*	*d*	Ø*A*	Ø*B*		
TPT— 50	241	120	40	18	20	9,5	6061	1,586
TPT— 70	250	145	40	18	22	11	8034	1,656
TPT— 95	281	120	40	18	24	13	11451	2,189
TPT—120	315	120	40	18	26	15	14356	2,445

Material: oțel inoxidabil și OL50 zincat.

5.7.7. Clemă de tracțiune prin presare cu derivație tip TPD pentru conductoare din aluminiu-oțel

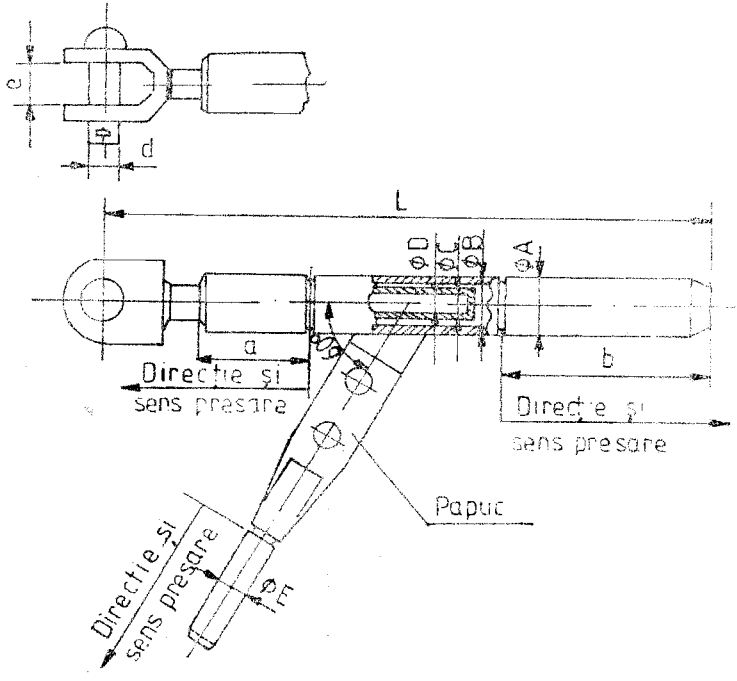


Fig. 5.28. Clemă de tracțiune prin presare cu derivație tip TPD.

Tabelul 5.26

Clemele de trecțiune prin presare cu derivație tip TPD pentru conductoarele din aluminiu-oțel

Simbolul	Dimensiunile [mm]										Sarcina minim de alunecare [daN]	Masa [kg]	Tipul papucului
	L	*a*	*b*	*d*	*e*	Ø*A*	Ø*B*	Ø*C*	Ø*D*	Ø*E*			
TPD 95/55	510	90	170	18	22	36	23	20	10	32	7566	2,510	2
TPD 160/95	560	90	230	20	26	52	32	25	13,5	32	11761	4,500	2
TPD 185/32	495	90	180	18	24	32	21	18	8,5	32	6289	2,998	3
TPD 240/40	520	90	180	20	24	36	23	22	9,5	36	8151	3,300	3
TPD 300/50	482	70	120	20	24	36	26	25	10	36	10127	2,996	3
TPD 300/69—300	567	170	198	20	26	36	26	25	12	36	12511	2,950	3
TPD 450/75—300	620	114	240	24	26	52	32	25	12,5	36	15342	5,355	3
TPD 450/97—300	620	114	240	24	26	52	32	25	13,5	36	16625	5,325	3
TPD 450/75—450	620	114	240	24	26	52	32	25	12,5	52	15342	6,175	4
TPD 450/97—450	620	114	240	24	26	52	32	25	13,5	52	16625	6,145	4
TPD 680/85—450	622	140	140	24	28	60	38	28	13	52	19988	8,219	4
TPD 680/85—680	622	140	140	24	28	60	38	28	13	60	19988	9,357	5
TPD 973—228	715	120	200	24	26	72	46	42	22	72	20900	13,870	6
TPD 973—228	730	100	200	33	38	72	46	44	20,5	72	47500	12,490	6
TPD 973—450	715	120	200	24	26	72	46	42	22	52	20900	11,553	4
TPD 973—680	715	120	200	24	26	72	46	42	22	60	20900	12,481	5
TPD 120/20	380	60	140	16	22	25	17	16	6,2	25	4417	1,460	2
TPD 150/150	670	120	230	24	26	52	32	28	17	32	15865	5,180	2
TPD 210/35	490	110	160	20	22	32	22	20	8	32	7253	2,840	3
TPD Wolf	470	100	240	16	22	30	20	18	9	30	6703	2,430	2
TPD Lynx	565	100	200	20	24	32	21	19	9,5	32	7730	2,880	2
TPD Curlew	600	100	270	20	24	52	32	28	11,5	52	16007	6,430	4
TPD Canary	575	100	250	20	24	52	32	28	10,5	52	13917	6,528	4

Material: aliaj de aluminiu și OL 52. *Finisaj:* zincare la cald.

5.7.8. Clemă de tracțiune prin presare cu placă de derivație frontală tip TPDf pentru conductoare din aluminiu-oțel și din aliaj de aluminiu

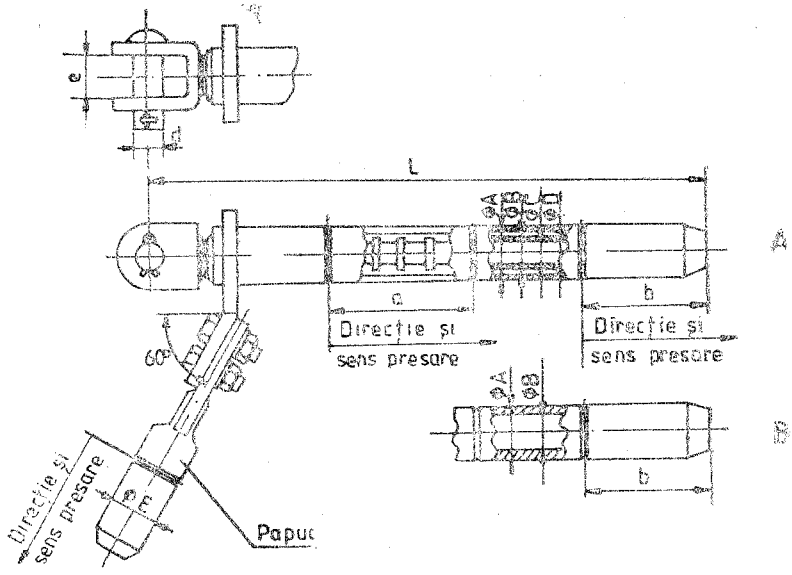


Fig. 5.29. Clemă de tracțiune prin presare cu placă de derivație frontală tip TPDf pentru conductoare din aluminiu-oțel (*A*) și din aliaj de aluminiu (*B*).

5.7.9. Papuci de racord la clema de tracțiune

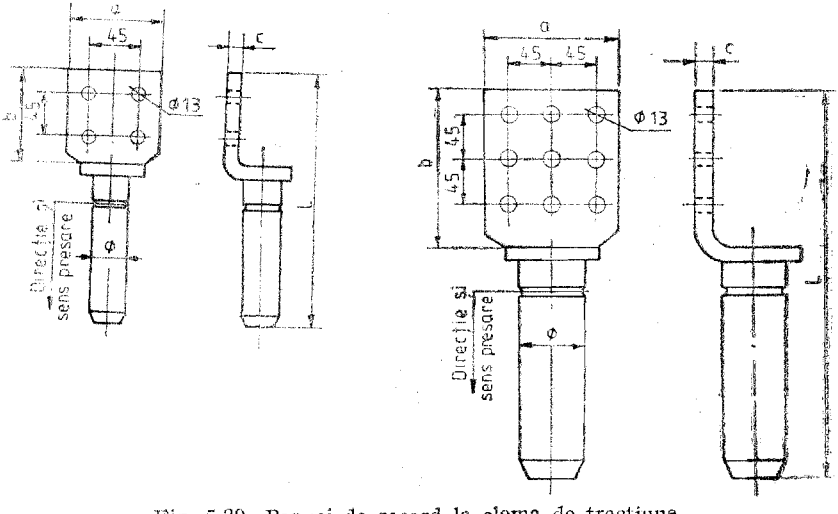


Fig. 5.30. Papuci de racord la clema de tracțiune.

Tabelul 5.27

Clemele de tracțiune prin presare cu placă de derivație frontală tip TPDf pentru conductoarele din aluminiu-oțel și din aliaj de aluminiu

Simbolul	Dimensiunile [mm]										Sarcina minimă de alunecare [daN]	Masa [kg]	Tipul papucului
	L	*a*	*b*	*d*	*e*	*ØA*	*ØB*	*ØC*	*ØD*	*ØE*			
CONDUCTOARE DIN ALUMINIU-OȚEL (fig. 5.29 A)													
TPDf—300/69	616	100	200	20	24	36	26	25	12	36	12511	4,640	3
TPDf—380/50	626	198	200	20	24	42	28	24	10	42	11695	4,970	3
TPDf—Blue Jay	700	150	200	20	22	45	33	22	9	45	12400	5,640	4
TPDf—Drake	680	130	180	20	22	40	30	25	11,5	40	13466	4,640	4
TPDf—Linnet	530	120	120	20	22	30	20	18	8	30	6056	1,780	2
TPDf—Cardinal	662	120	200	20	25	52	32	25	11,5	52	14736	7,180	4
TPDf—Penguin	425	85	110	20	20	25	16	13	5	25	3572	1,520	2
TPDf—Ibis	640	150	180	20	22	32	21	18	8	32	6973	2,880	3
CONDUCTOARE DIN ALIAJ DE ALUMINIU (fig. 5.29 B)													
TPDf—99	470	150	200	18	22	22	14	—	—	22	2755	1,630	2
TPDf—405	560	200	250	20	24	42	28	—	—	42	12612	4,580	3

Material: A — aliaj de aluminiu și OL 52 zincat la cald; *B* — aliaj de aluminiu.

Tabelul 5.28

Papuceli de racord pentru elemele de tracțiune

Tipul papucelui	Numărul de șuruburi de prindere	Dimensiunile [mm]				
		a	*b*	*c*	*L*	Ø
1	1	45	45	6	158	25
2	2	45	86	8	205	32
3	4	80	90	8	253	32(36)
4	6	80	135	10	306	52
5	9	125	141	10	381	60
6	12	170	148	12	390	72

Material: aliaj de aluminiu.

5.8. Armături de protecție împotriva supratensiunilor

Armăturile de protecție pot fi sub formă de coarne sau de inele.

La alegerea armăturilor de protecție trebuie să se asigure următoarele distanțe:

$$S = (0{,}8 - 0{,}9)\,\Lambda\,; \qquad A = (0{,}3 - 0{,}4)\,\Lambda\,;$$

S este distanța între armăturile de protecție; A — distanța între punctele de amorsare și axul izolatoarelor; Λ — lungimea lanțului de izolatoare dintre prima capă a lanțului și rotula ultimului element din lanț.

5.8.1. Corn simplu de protecție tip CS

— corn simplu superior tip CSs — 1; 0,65 kg.
— corn simplu inferior tip CSi — 1. 0,64 kg

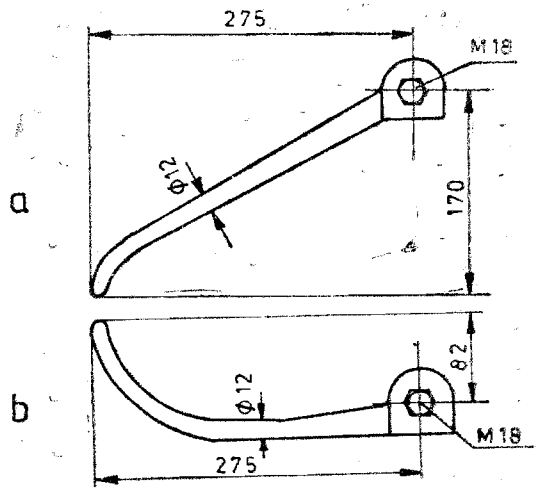


Fig. 5.31. Corn simplu de protecție tip CS: *a* — superior CSs-1; *b* — inferior CSi-1.

Material: oțel zincat la cald.

5.8.2. Corn dublu de protecție tip CD:

— corn dublu superior tip CDs — 1; 0,93 kg;
— corn dublu inferior tip CDi — 1; 0,91 kg.

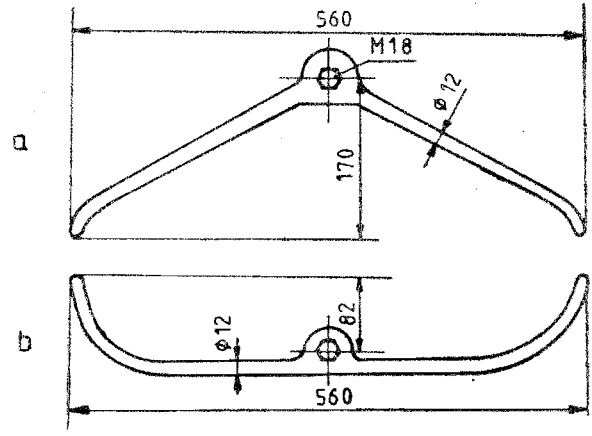


Fig. 5.32. Corn dublu de protecție tip CD:
a — superior CDs-1; *b* — inferior CDi-1.

Material: oțel zincat la cald.

5.8.3. Armături de protecție inelare, cu sferă și fără sferă

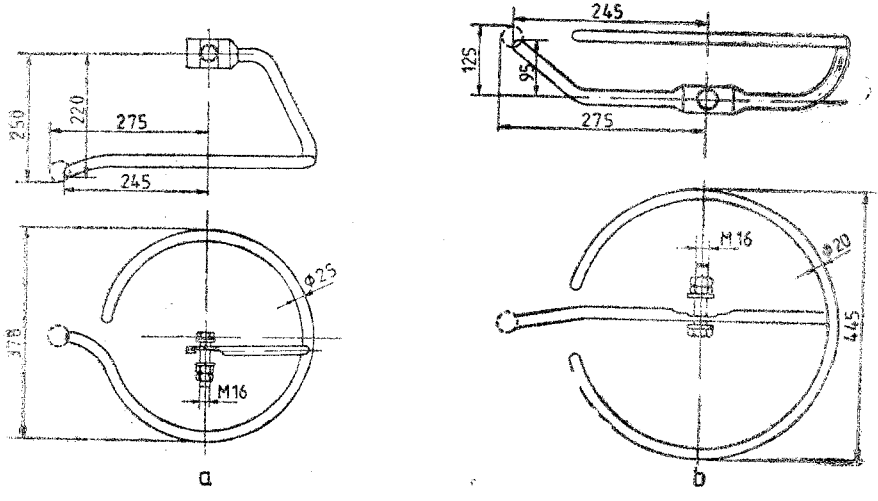


Fig. 5.33. Armătură de protecție cu sferă și fără sferă:
a — superioară APS-2s și APS-2; *b* — inferioară API-2s și API-2.

Armături de protecție fără sferă:
— superioară tip APS — 2; 5,924 kg;
— inferioară tip API — 2; 5,404 kg.
Se folosesc la liniile 110 și 202 kV.

Armături de protecție cu sferă:
— superioară tip APS — 2 s; 6,724 kg;
— inferioară tip API — 2 s; 6,200 kg.
Se folosesc la liniile 220 și 400 kV.
Material: OL37 zincat la cald.

5.9. Alte cleme și armături pentru linii de înaltă și medie tensiune

5.9.1. Amortizor de vibrații tip AVb pentru LEA 110-400 kV

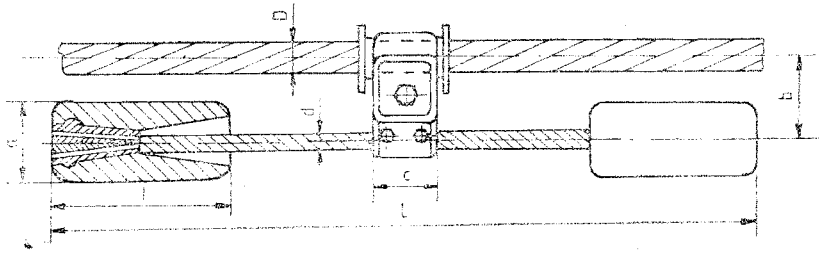


Fig. 5.34. Amortizor de vibrații tip AVb.

Tabelul 5.29

Amortizoarele de vibrații tip AVb

Simbolul	Diametrul conductorului D [mm]	Dimensiunile [mm]						Masa [kg]
		L	l	a	h	c	d	
AV b—1	6,8—16,0	411	92	48	65	55	10,5	3,300
AV b—3	16,0—24,2	520	132	53	86	60	14	5,540
AV b—5	24,2—27,0	566	162	61,4	86	60	14	8,410
AB b—5 S	27,0—36,0	566	162	61,4	90	60	14	8,200

Material: fontă, oțel și aliaj de aluminiu. *Finisaj:* zincare la cald.

Se montează pe conductoare de o parte și de cealaltă a clemelor de susținere.

Distanța D de la clema de susținere la axa amortizorului se poate stabili pe baza diagramei din fig. 5.35. În cazul deschiderilor peste 500 m se montează cîte două amortizoare de fiecare parte a clemei de susținere.

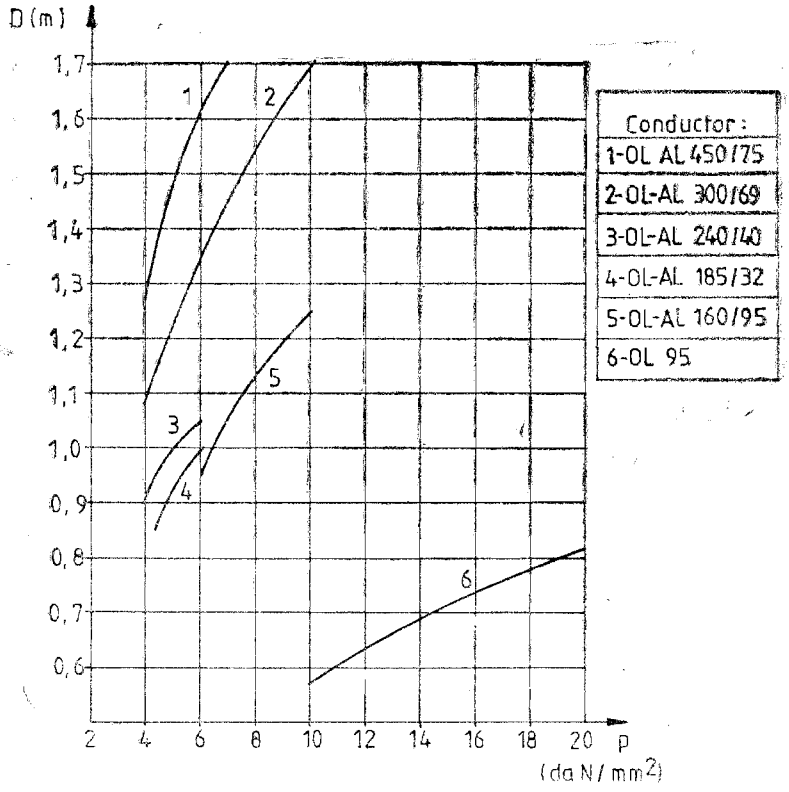


Fig. 5.35. Diagrama de montare a amortizoarelor de vibrații:
D — distanța de la clema de susținere a conductorului la axa amortizorului;
p — tracțiunea orizontală în conductor.

5.9.2. Bretea amortizoare pentru LEA 110-400 kV

Constă dintr-un conductor identic cu conductorul principal, fixat pe acesta cu două cleme tip CPAB de o parte și de cealaltă a clemei de susținere.

Distanța D de la clema de susținere la clema CPAB este conform diagramei din fig. 5.35, iar înălțimea h a corzii se poate stabili cu ajutorul diagramei din fig. 5.37, în funcție de distanța D.

5.9.3. Contragreutăți

Se montează pe linie acolo unde, datorită configurației terenului există tendința ca lanțurile de izolatoare să fie împinse în sus de către conductoare.

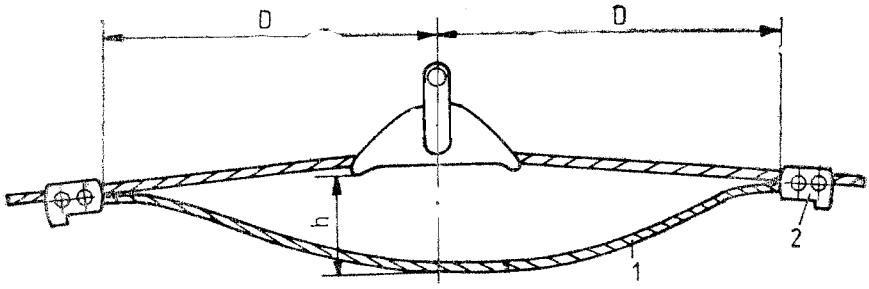


Fig. 5.36. Bretea amortizare la LEA 110-400 kV:
1 — conductor; *2* — clemă CPAB:

- conductor 01-Al 450/75: CPAB V = 2,174 kg;
- conductor 01-Al 300/69: CPAB IV = 1,589 kg;
- conductor 01-Al 160/95: CPAB II = 1,024 kg;
- conductor 01-95 : CPAB I = 0,600 kg.

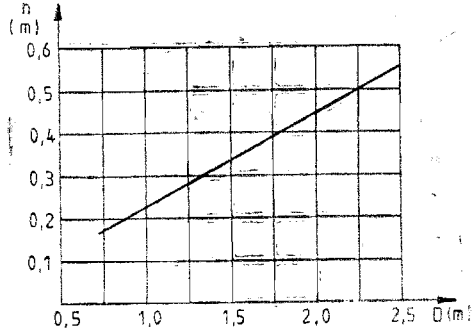
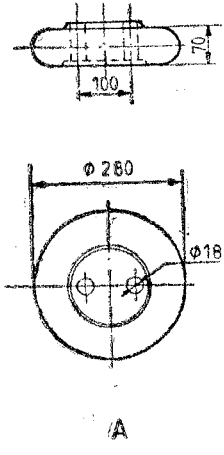
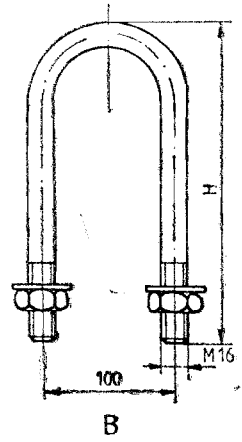


Fig. 5.37. Diagrama de stabilire a înălţimii corzii (h) la bretelele amortizoare în funcţie de distanţa D de la clema CPAB al clema de susţinere a conductorului.

Ansamblul constă din una sau mai multe contragreutăţi din fontă turnată avînd fiecare o greutate de 25^{+5}_{0} kg şi un cîrlig tip U din OL 37 zincat la cald pe care se fixează contragreutăţile.





Nr de contra-greutăţi	H
1	176
2	246
3	316
4	386
5	456
6	526
7	596
8	666
9	736
10	806

Fig. 5.38. Contragreutate (A) şi cîrlig tip U pentru contragreutate (B).

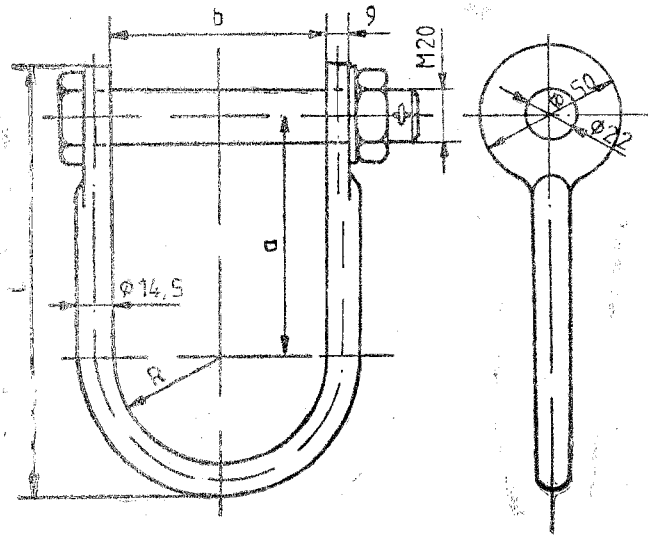


Fig. 5.39. Bridă pentru contragreutate tip AG.

Ansamblul se fixează de clema de susținere a conductorului printr-o bridă de tipul AG (fig. 5.39 și tabelul 5.30).

Tabelul 5.30

Bridele pentru contragreutăți tip AG

Simbolul	Tipul clemei	Dimensiunile [mm]				Masa [kg]
		L	*a*	*b*	*r*	
AG 1,2	CSA 2	159	84	70	35	0,860
AG 3,4	CSA 3,4	181	96	88	44	1,015
AG 5,6	CSA 5,6	188	96	102	51	1,072

Material: OL 37. *Finisaj:* zincare la cald.

5.9.4. Distanțier oscilant pentru două conductoare tip DO—2

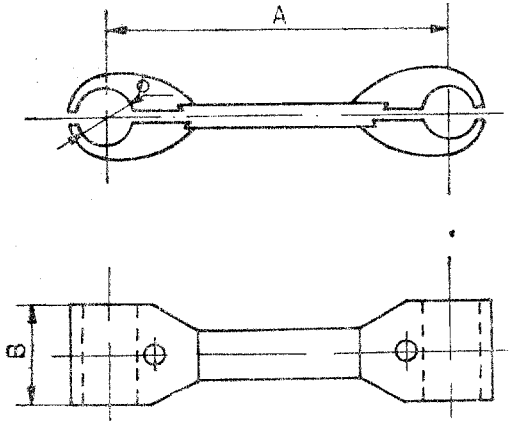


Fig. 5.40. Distanțier oscilant pentru două conductoare tip DO-2.

Tabelul 5.37

Distanțierile oscilante pentru două conductoare tip DO-2

Simbolul	Secțiunea conductorului [mm²]	Dimensiunile [mm]			Masa [kg]
		A	*B*	*O*	
DO—2—150/1	450	150	60	30	0,831
DO—2—150/2	670			36	0,739
DO—2—175/1	450	175	60	30	1,152
DO—2—175/2	670			36	0,052
DO—2—200/1	450	200	63	30	1,211
DO—2—200/2	670			36	1,111
DO—2—300	380	300	63	27	1,600
DO—2—300	405	300	63	26	1,600
DO—2—400/1	450	400	63	30	1,940
DO—2—400/2	670			36	1,840
DO—2—200/3	973	200	63	45	1,867
DO—2—400/3	973	400			2,589
DO—2—200/0	300	200	63	25	1,327
DO—2—400/0	300	400			2,140

Material: aliaj de aluminiu.

Distanța de montaj între două distanțiere se stabilește cu diagrama din fig. 5.41.

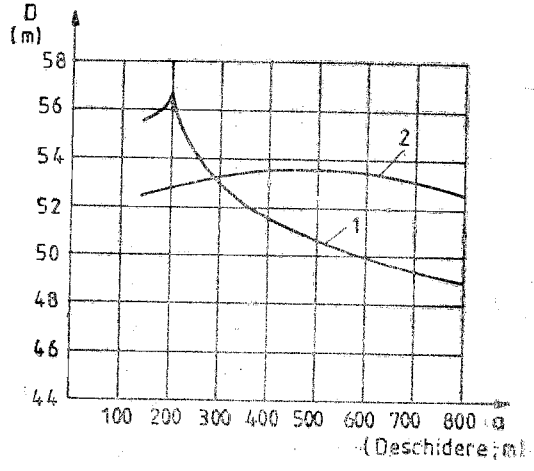


Fig. 5.41. Montarea distanțierelor la liniile cu două conductoare pe fază: *1* — zona *I* și zona de munte; *2* — zona *II*; *a* — deschiderea reală între stîlpi; *D* — distanța de montaj între distanțiere (de la stîlp la primul distanțier se va lua 35 m).

5.9.5. Baliză de semnalizare de zi tip BS pentru LEA

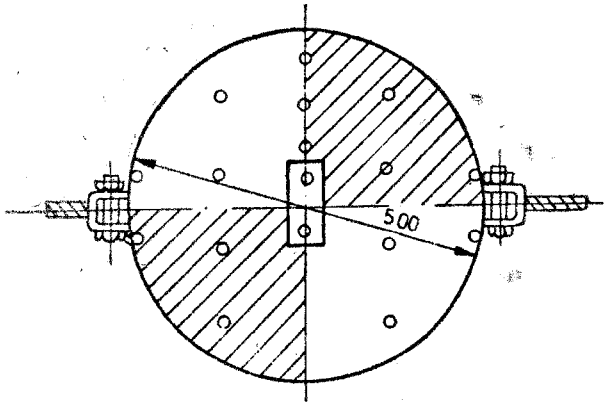


Fig. 5.42. Baliză de semnalizare de zi pentru LEA tip BS.

Tabelul 5.32

Balizile semnalizatoare de zi pentru *LEA*, tip BS

Simbolul	Conductorul		
	Tipul	Secțiunea [mm²]	Diametrul [mm]
BS 500/70	OL 70	70	10,5
BS 500/95	OL 95	95	12,5
BS 500/120	OL 120	120	14,0
BS 500/150	OL 150	150	15,8
BS 500/185	OL 185	185	17,5
BS 500/228	OL 228	228	20,0
BS 500/95—55	AL—OL 95/55	95/55	16,0
BS 500/160—95	AL—OL 160/95	160/95	20,75
BS 500/185	AL—OL 185	185/32	19,20
BS 500/240	AL—OL 240	240/40	21,70
BS 500/300	AL—OL 300	300/50	24,20
BS 500/450	AL—OL 450	450/75	29,25
BS 500/600	AL—OL 600	680/85	36,0

Masa: 4,5—4,9 kg. *Material:* fibră de sticlă.

5.9.6. Clemă de înnădire prin presare tip IP pentru conductoare din aluminiu-oțel și aliaj de aluminiu

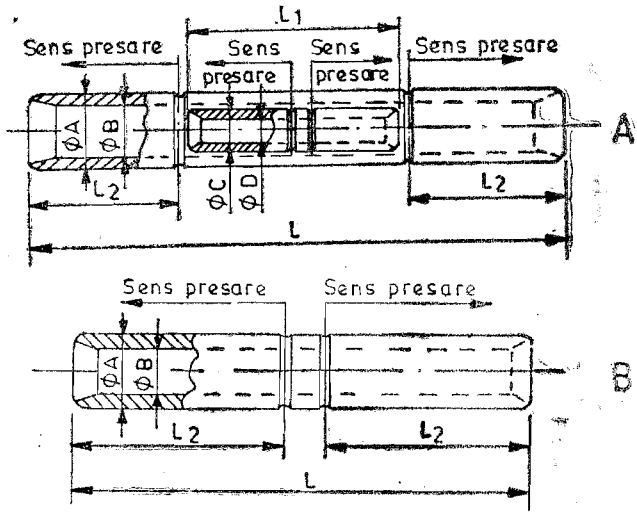


Fig. 5.43. Clemă de înnădire prin presare tip IP pentru conductoare de aluminiu-oțel (*A*) și de aliaj de aluminiu (*B*).

Tabelul 5.33

Clemele de înnădire prin presare tip IP

Simbolul	Dimensiunile [mm]							Sarcina minimă la rupere [daN]	Masa [kg]
	L	L_1	L_2	*ØA*	*ØB*	*ØC*	*ØD*		
CONDUCTOARE DE ALUMINIU-OȚEL (fig. 5.43, *A*)									
IP—185/32	600	200	185	32	21	18	8	6260	1,040
IP—240/40	700	300	200	36	23	20	9,5	8160	1,700
IP—300/50	485	245	120	36	26	24	10	10130	1,330
IP—450/75	750	300	210	52	30	24	12	14600	3,450
IP—450/97	750	300	210	52	32	24	12	15350	3,800
IP—300/69	700	300	185	36	26	25	12	13425	1,790
IP—120/20	460	180	125	26	17	16	6,2	4650	0,550
IP—210/35	600	290	140	32	22	20	8	7635	1,260
IP—380/50	700	330	175	42	28	24	10	11695	2,410
IP—95/50	600	300	184	42	22	20	10	7170	0,750
IP—160/95	600	300	184	42	22	21,5	13,5	12380	2,192
IP—150/150	700	300	241	52	32	28	17	16700	3,637
IP—Wolf	650	240	185	30	20	18	9	6880	1,130
IP—Dog	550	180	170	25	16	15	6	3150	0,630
IP—Lynx	710	280	200	32	21	19	9,5	7980	1,330
IP—Curlew	800	330	225	52	32	28	10,53	16530	4,140
IP—Canary	750	300	165	52	32	28	9,84	14372	3,890
IP—Ibis	600	200	180	32	21	18	8	6975	1,010
IP—Cardinal	800	350	200	52		25		14736	3,590
IP—Penguin	480	220	110	25		13		3572	0,560
IP—Linnet	700	300	180	30		18		6056	1,320
IP—Drake	750	350	180	40		25		14466	3,590
IP—Blue Jay	800	350	200	45		22		12400	3,580
CONDUCTOARE DE ALIAJ DE ALUMINIU (fig. 5.43, *B*)									
IP—405	530	—	255	42	28	—	—	13276	1,100
IP— 99	530	—	255	22	14	—	—	2900	0,328

A — aluminiu și oțel OL 52; *B* — aliaj de aluminiu.

5.9.7. Manșon de reparare tip MR pentru conductoare din aluminiu-oțel și aliaj de aluminiu

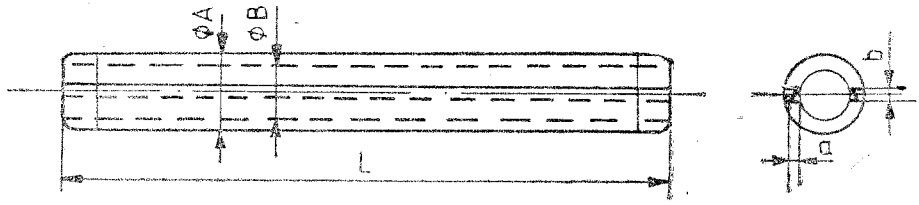


Fig. 5.44. Manșon de reparare tip MR.

Tabelul 5.34

Manșoanele de reparare tip MR pentru conductoarele din aluminiu-oțel sau din aliaj de aluminiu

Simbolul	Dimensiunile [mm]					Masa [kg]
	L	Φ*A*	Φ*B*	*a*	*b*	
MR — 95/15	200	22	14	2,5	3	0,122
MR — 95/55	220	25	17	2,5	3	0,156
MR — 120/21/28	220	25	17	2,5	3	0,156
MR — 150/25/36	240	30	19	3	3	0,260
MR — 150/150	250	36	24	4	4	0,370
MR — 160/95	250	32	22	3	3	0,287
MR — 185/32/43	250	32	21	3	3	0,300
MR — 210/35	250	32	21	3	3	0,300
MR — 240/40	250	36	23	3	3	0,400
MR — 240/56	250	36	24	3	3	0,380
MR — 300/50/69	250	36	26	3	3	0,320
MR — 380/50	300	42	28	4	4	0,600
MR — 400/75/85	350	52	30	7	7	1,327
MR — 405	300	42	28	4	4	0,600
MR — 450/75/85	400	52	32	6	5	1,420
MR — 680/85	450	60	38	7	7	1,880
MR — 973/228	450	72	46	8	8	2,910
MR — 99	200	22	14	3	3	0,110
MR — Wolf	240	30	20	3	3	0,240
MR — Lynx	250	32	21	3	3	0,270
MR — Curlew	400	52	32	6	6	1,410
MR — Canary	400	52	32	6	6	1,410
MR — Ibis	250	32	21	3	3	0,300
MR — Penguin	220	25	16	2,5	3	0,160
MR — Cardinal	400	52	32	6	6	1,410
MR — Linnet	280	32	20	3	4	0,370
MR — Drake	350	50	30	6	6	1,180
MR — Blue Jay	400	52	33	6	6	1,360

Material: aliaj de aluminiu.

5.9.8. Agrafă de siguranță tip W

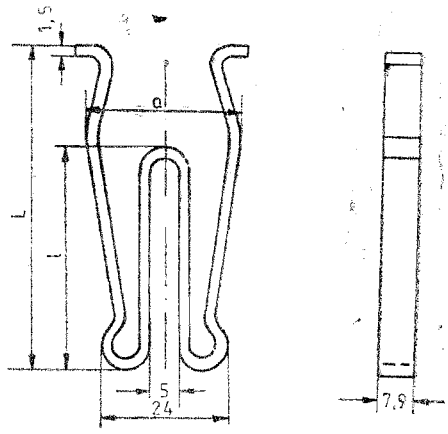


Fig. 5.45. Agrafă de siguranță tip W.

Tabelul 5.35

Agrafele de siguranță tip W

Simbolul agrafei	Dimensiunile [mm]			Masa [kg]
	L	*a*	*l*	
W 16	50	28	36	0,019
W 20	62	30	42	0,023

Material: bronz fosforos.

5.9.9. Agrafă de siguranță tip V

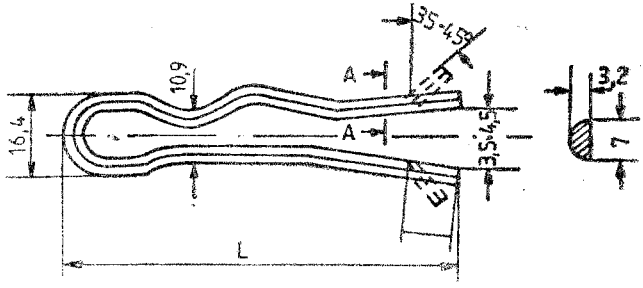


Fig. 5.46. Agrafă de siguranță tip V.

Tabelul 5.36

Agrafele de siguranță tip V

Simbolul agrafei	Lungimea *L* [mm]	Masa [kg]
V 16 B	75	0,017
V 20	90	0,020

Material: bronz fosforos sau oțel inoxidabil.

5.9.10. Dispozitiv antipasăre

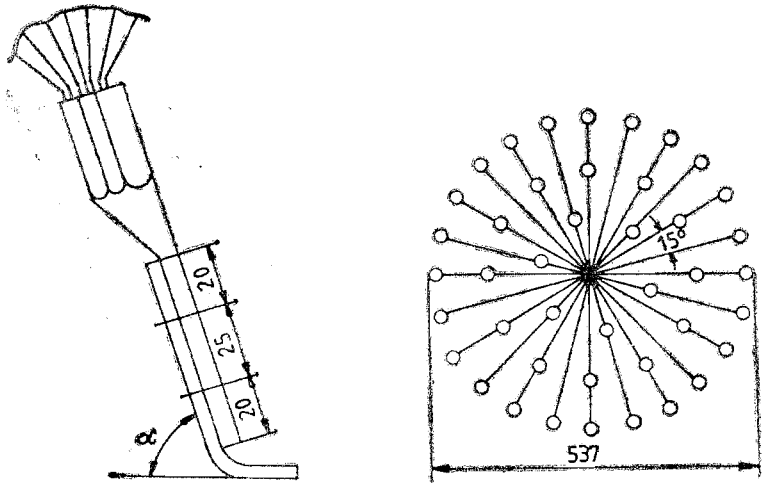


Fig. 5.47. Dispozitiv antipasăre.

Material ţeavă de aluminiu şi sîrme de oţel zincate.

5.9.11. Placă de legare a conductorului de protecţie la stîlp tip CP

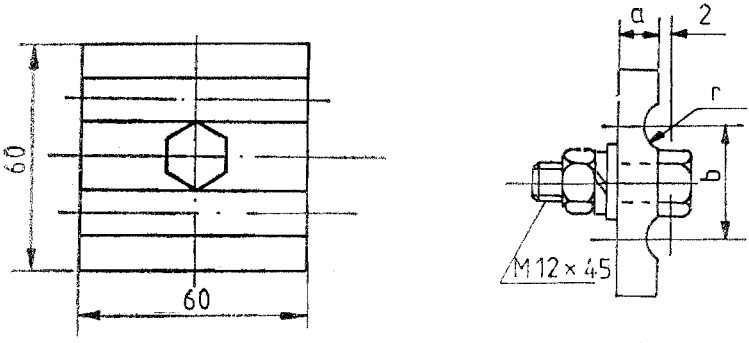


Fig. 5.48. Placa de legare a conductorului de protecţie la stîlp tip CP.

Tabelul 5.37

Plăcile de legare ale conductoarelor de protecţie la stîlpi tip CP

Simbolul	Materialul conductorului	Diametrul conductorului [mm]	Dimensiunile [mm]			Masa [kg]
			a	*b*	*r*	
CP—2	Oţel	8—10	10	30	6	0,295
CP—3	Oţel	10—14	10	32	8	0,280
CP—3 AL	Aluminiu	14—18	12	36	10	0,180

Material: oţel OL 37. *Finisaj:* zincare la cald.

5.9.12. Clemă petru legătura prizelor de pămînt la picioarele de fundație tip CO

Se execută conform NTR — 37 — 82 — ICMP.

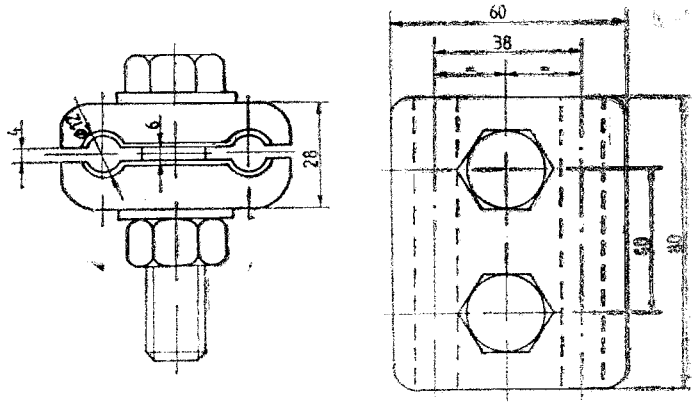


Fig. 5.49. Clemă pentru legătura prizelor de pămînt la picioarele de fundație.

5.9.13. Clemă de legătură electrică din fontă cu plăci de contact din aluminiu tip LEPC

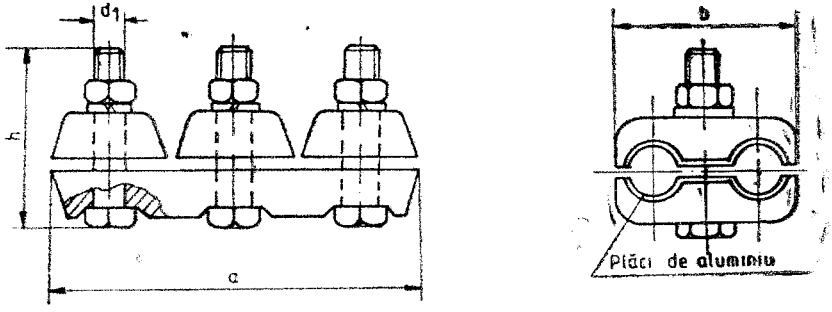


Fig. 5.50. Clemă de legătură electrică din fontă cu plăci de contact din Al tip LEPC.

Tabelul 5.38

Clemele de legătură electrică din fontă cu plăci de contact din aluminiu tip LEPC

Simbolul	Secțiunea conductorului [mm²]	Diametrul conductorului [mm]	Dimensiunile [mm]			Masa [kg]
			a	*b*	*h*	
LEPC 2—2	25— 35	6,3— 7,5	95	35	42	0,473
LEPC 3—2	50— 70	9 —10,5	110	46	52	0,800
LEPC 4—2	95—120	12,5—14,7	125	56	57	1,168
LEPC 5—2	150—185	15,7—17,5	140	68	62	1,590
LEPC 6—2	240—300	19,9—22,5	170	80	67	2,960
LEPC 7—3[1]	300—300	22,5—22,5	198	90	73	3,380
LEPC 8—3[1]	450—450	26,1—26,1	230	110	80	5,643

[1] Cu 4 șuruburi.

Material: fontă maleabilă și plăci de aluminiu. *Finisaj:* zincare la cald sau electrolitică a pieselor de fontă și a șuruburilor.

5.9.14. Clemă de legătură electrică din aluminiu tip CLEAL

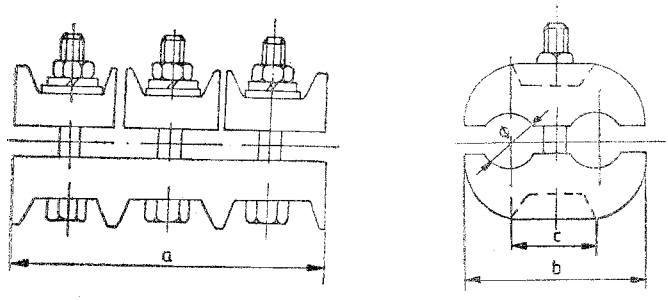


Fig. 5.51. Clemă de legătură electrică din aluimniu tip CLEAL.

Tabelul 5.39

Clemele de legătură electrică din aluminiu tip CLEAL

Simbolul	Dimensiunile [mm]				Masa [kg]	Numărul de şuruburi	Curentul maxim admis [A]
	a	*b*	*c*	*Ø*			
CLEAL 16/16	95	35	22	8	0,272	3	160
CLEAL 25/35	95	35	22	8	0,272	3	160
CLEAL 50/70	110	46	28	11,6	0,388	3	260
CLEAL 95/120	125	56	34	15,6	0,601	3	360
CLEAL 150/150	140	62	40	17,8	0,844	3	485
CLEAL 185/240	170	80	45	22,4	1,317	3	575
CLEAL 300/300	198	90	50	24	1,443	4	665

Material: aliaj de aluminiu. *Finisaj:* zincarea electrolitică a şuruburilor.

5.10. Cleme şi armături pentru linii de medie şi joasă tensiune

5.10.1. Clemă de legătură electrică şi mecanică cu şuruburi sau nituri

Se execută dintr-o singură bucată sau din două bucăţi.

Clemele dintr-o singură bucată se folosesc pentru legarea capetelor a două conductoare din acelaşi material şi cu aceeaşi secţiune. Cele din două bucăţi se folosesc pentru derivaţie dintr-un conductor întins, sau în alte cazuri, cînd nu se pot folosi clemele dintr-o singură bucată.

Legătura se execută cu două cleme pentru conductoare cu secţiunea pînă la 120 mm² şi cu trei cleme pentru conductoare cu secţiuni mai mari.

Distanţa între cleme: 10 cm.

Clemele se execută prin presare din ţeavă de cupru, de aluminiu sau de oţel.

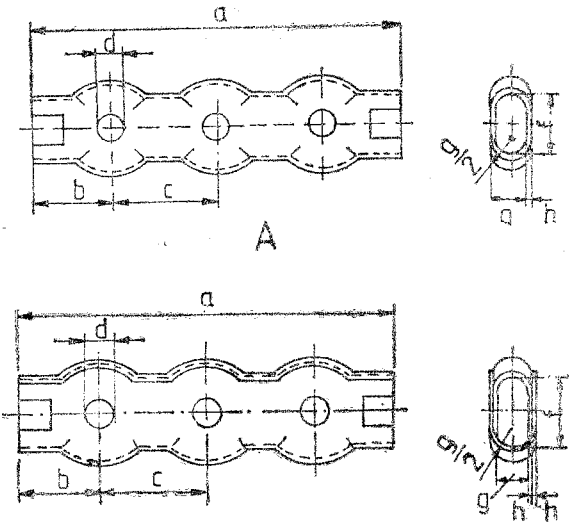


Fig. 5.52. Clemă de legătură electrică și mecanică cu șuruburi sau cu nituri:
A — dintr-o bucată;
B — din două bucăți.

Tabelul 5.40

Clemele de legătură electrică și mecanică, cu șuruburi sau cu nituri

Secțiunea conductorului [mm²]	Dimensiunile [mm]							$\varnothing_{\text{șurub sau nit}}$
	a	*b*	*c*	*d*	*f*	*g*	*h*	
10	76	16	22	5,3	8,5	4,5	1,2	5
16	86	18	25	7,4	10,8	5,5	1,2	7
25	96	20	28	7,4	13,2	6,8	1,5	7
35	106	22	31	7,4	15,4	8	1,5	7
50	120	25	35	8,4	18,4	9,5	1,8	8
70	134	28	39	8,4	22,5	11,2	1,8	8
95	150	32	43	12,5	26,4	13,2	2	12
120	168	36	48	12,5	29,4	14,6	2	12
150	168	36	48	12,5	32,5	16,3	2	12

5.10.2. Clemă cu crestături

Se folosește pentru legătură electrică și mecanică la liniile aeriene de medie și joasă tensiune.

Se execută din țeavă de cupru, de aluminiu sau de oțel pentru următoarele secțiuni de conductoare:

— cupru 10 ... 120 mm²;
— aluminiu 16 ... 240 mm²;
— oțel 16 ... 150 mm²;
— oțel-aluminiu 25 ... 240 mm².

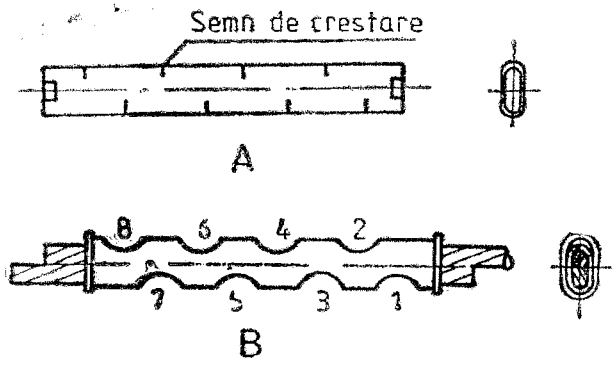


Fig. 5.53. Clemă cu crestături:
A — clema propriu-zisă;
B — clema cu conductoarele înnădite (cifrele indică ordinea de executare a crestăturilor).

5.10.3. Clemă universală

Se foloseşte pentru derivaţie la liniile de joasă şi medie tensiune la conductoare cu secţiuni egale sau diferite.

Se execută următoarele tipuri:

U_1	— cupru	6 ... 25 mm²;
U_2	— cupru	6 ... 95 mm²;
U_A	— aluminiu	16 ... 95 mm² (secţiuni egale);
U_B	— aluminiu	16 ... 95 mm² (secţiuni diferite).

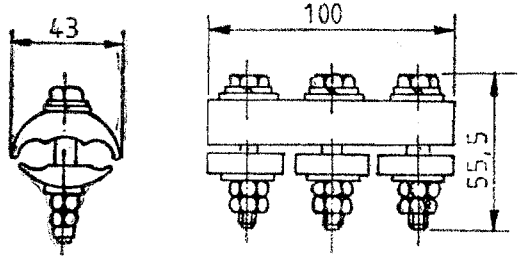


Fig. 5.54. Clemă universală tip *B* (UB 16/95) cu secţiuni inegale pentru LEA 6-20 kV.

5.10.4. Papuc de aluminiu presat pentru racorduri din aluminiu-oţel tip PTAM

(v. fig. 16.19 şi tabelul 16.14 din cap. 16).

5.10.5. Clemă de tracţiune tip potcoviţă, cu furcă

Se foloseşte la linii de medie şi joasă tensiune, asigurînd legătura de întindere cu izolatorul IT 60/6 la LEA 6-20 kV şi funcţionînd împreună cu clema de crestături pentru prinderea conductoarelor la stîlpii de medie şi joasă tensiune.

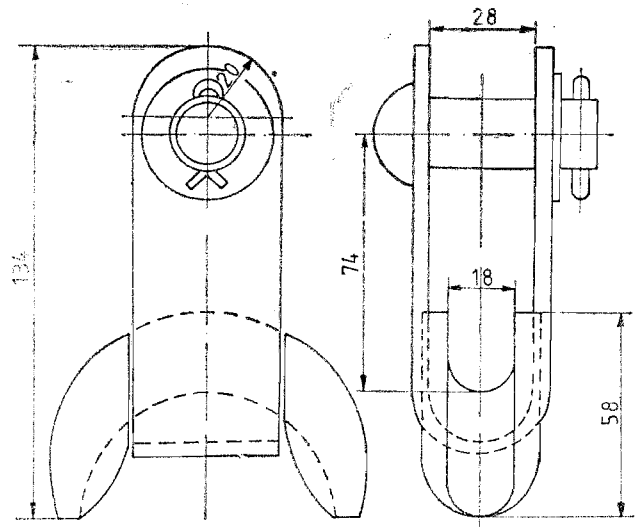


Fig. 5.55. Clemă de tracțiune tip potcoviță cu furcă — CPTF.

Se construiește pentru secțiunea maximă de 210 mm² 01-Al conform NTR 24-80-ICMP.

Sarcina minimă de rupere: 3 500 daN.
Masa: 0,586 kg.
Furca: oțel-zincat.
Patul: aluminiu.

5.10.6. Clemă de alunecare tip CA

Se construiește conform NTR 27-82-ICMP.

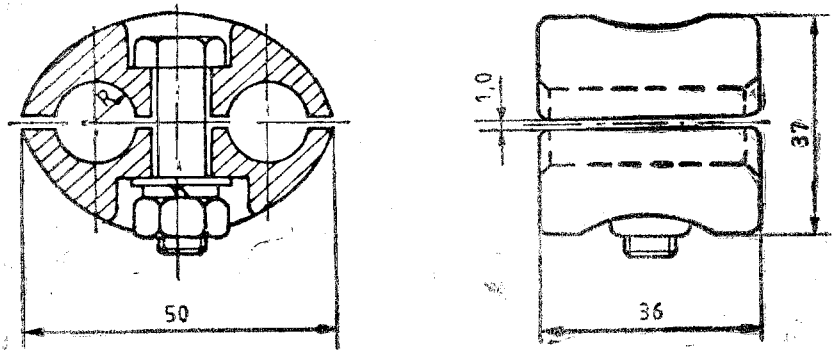


Fig. 5.56. Clemă de alunecare CA.

Tabelul 5.41

Clemele de alunecare tip CA (NTR 27-82)

Simbolul clemei	Secțiunea conductorului Al-OL [mm²]	Raza conductorului R [mm]	Sarcina de rupere a conductorului [daN]	Sarcina de alunecare [daN]	Masa [kg]	Momentul de strîngere pentru asigurarea sarcinii de alunecare [daN·cm]
CA 25	25/4	3,25	796	70	0,110	1,2
CA 35	35/6	4,00	1145	100	0,116	1,5
CA 50	50/8	4,75	1564	135	0,113	1,7
CA 70	70/12	5,75	2260	170	0,110	1,9
CA 95	95/15	6,75	3000	200	0,107	2,1
CA 120	120/21	8,50	4856	350	0,150	2,3

5.10.7. Clemă de blocare tip CB

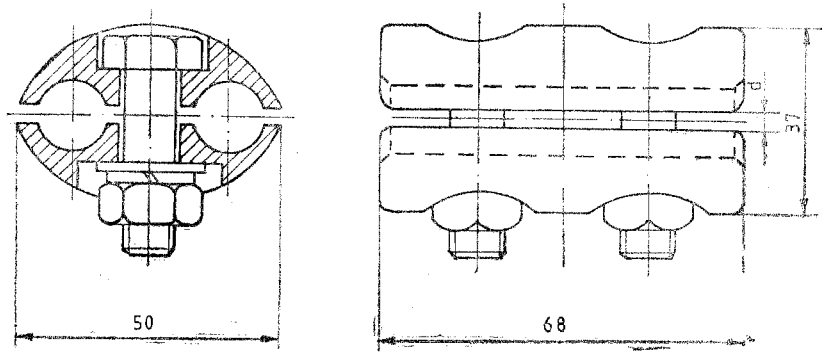


Fig. 5.57. Clemă de blocare CB.

Tabelul 5.42

Clemele de blocare tip CB (NTR 27-82)

Simbolul clemei	Secțiunea conductorului din Al-Ol [mm²]	Raza conductorului R [mm]	Dimensiunea d [mm]	Sarcina de rupere a conductorului [daN]	Sarcina minimă de blocare [daN]	Masa [kg]	Momentul de strîngere pentru asigurarea sarcinii minime de blocare [daN·cm]
CB 25	25/4	3,25	1,5	795	700	0,263	1,7
CB 35	35/6	4,00	2,0	1145	700	0,257	1,9
CB 50	50/8	4,75	2,5	1564	700	0,249	2,0
CB 70	70/12	5,75	3,0	2260	700	0,241	2,3
CB 95	95/15	6,75	3,0	3000	700	0,233	2,5
CB 120	120/21	8,50	2,0	4856	800	0,240	2,8

5.11. Cleme și armături pentru conductoare torsadate

5.11.1. Armătura de susținere, simbol AS 400

Servește la susținerea în aliniament sau în colț a fasciculelor de conductoare torsadate întinse pe stîlpi sau a conductoarelor torsadate de branșamente.

Este compusă dintr-un corp din material plastic și un ansamblu de susținere din oțel zincat (fig. 5.58).

Forța admisibilă: 400 daN.

Masa: 0,388 kg.

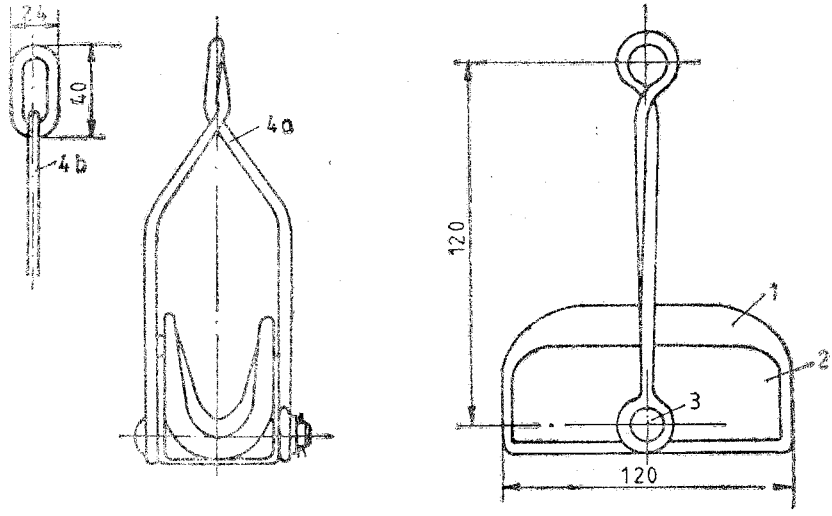


Fig. 5.58. Armătură de susținere AS-400:
1 — corp din material plastic (PVC tip I1b — STAS 7014-74); *2* — piesă de susținere; *3* — bolț; *4a* — cercel cu ochi răsucit; *4b* — cercel cu za.

5.11.2. Armătură de susținere în colț, simbol AC—400

Servește la susținerea fasciculelor conductoare torsadate la colțurile clădirilor și la trecerile peste obstacole la rețelele întinse sau pozate pe clădiri. Se încastrează în zid.

Piesele metalice se protejează prin zincare.

Forța admisibilă: 400 daN.

Masa: 0,950 kg.

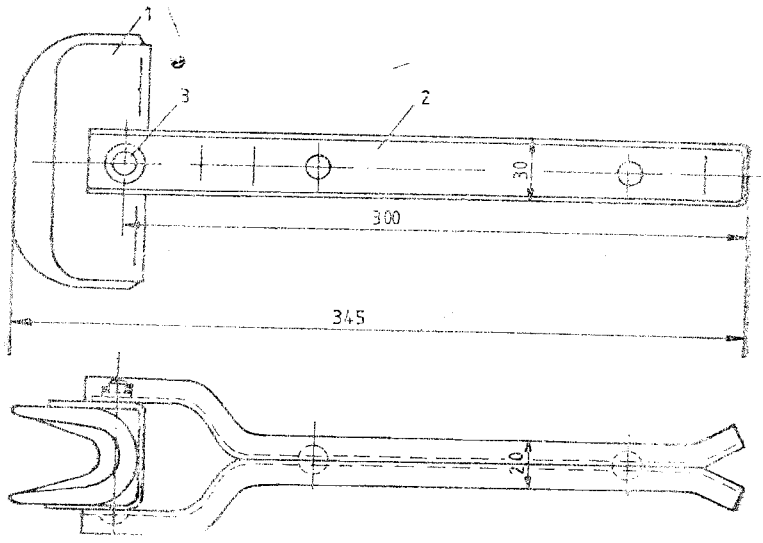


Fig. 5.59. Armătură de susținere în colț Ac-400:
1 — piesa de susținere; 2 — piesa încastrată; 3 — bolț Ø10.

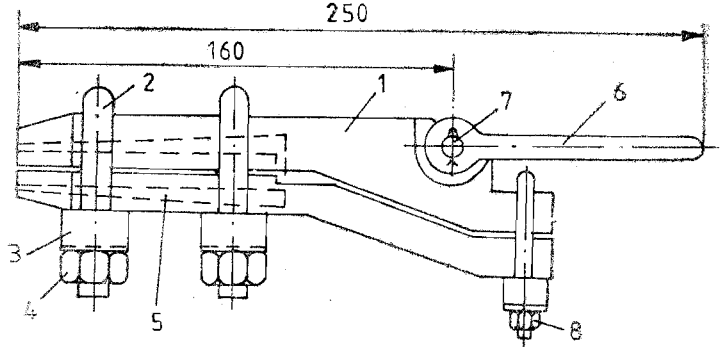


Fig. 5.60. Clemă de întindere rețea CIR-750:
1 — corpul clemei; 2 — bridă de strîngere; 3 — placă de strîngere; 4 — piuliță M 10; 5 — manșon de protecție din PVC; 6 — cercel; 7 — nit Ø8; 8 — piuliță M 6.

5.11.3. Clemă de întindere rețea, simbol CIR 750

Clema servește la întinderea fasciculului de conductoare torsadate și se montează pe nulul purtător (conductorul de 01-Al 50 m² prin strîngere cu șuruburi.

Strîngerea se face prin intermediul unui manșon de masă plastică, fără ca nulul purtător să fie dezizolat.

Se folosește pentru legăturile de întindere, derivație și terminale, la rețelele întinse pe stîlpi sau clădiri.

Părțile metalice se protejează prin zincare, cu excepția bridelor, care se cadmiază.

Forța admisibilă : 750 daN.

Masa : 1,450 kg.

6. STÎLPII LINIILOR ELECTRICE AERIENE

6.1. Generalități

Stîlpii liniilor electrice aeriene sînt construcțiile care prin intermediul izolatoarelor, clemelor și armăturilor susțin conductoarele deasupra solului.

Stîlpii pot fi din metal, din beton armat sau din lemn.

Stîlpii metalici sînt folosiți pentru LEA de înaltă și foarte înaltă tensiune (mai rar pentru medie tensiune) și se execută din profile de oțel într-o construcție de formă zăbrelită. Se mai folosesc stîlpi metalici din țeavă pentru linii de joasă tensiune (distribuție sau iluminat public) în orașe mari și, mai rar, stîlpi din țeavă pentru linii de înaltă tensiune.

Stîlpii din beton armat se întrebuințează în prezent la noi în țară la majoritatea liniilor de medie și de joasă tensiune, precum și la înaltă tensiune (110 kV) ca stîlpi de susținere.

Stîlpii din lemn sînt în prezent foarte rar folosiți în țara noastră; sînt admiși numai pentru linii de joasă tensiune în cazuri speciale, în zone greu accesibile.

La un stîlp oarecare distingem corpul propriu-zis și coronamentul, constituit din ansamblul de console, traverse, suporți, vîrfare, montat la partea superioară a corpului stîlpului, de care sînt suspendate conductoarele active și de protecție. Printr-o formă judicios aleasă a coronamentului se asigură distanțele necesare între conductoare, precum și între acestea și corpul stîlpului.

Stîlpii se fixează în sol prin intermediul unor fundații.

Stîlpii LEA pot fi construiți pentru unul, două sau mai multe circuite și pentru unul sau două conductoare de protecție.

În cazul luării unor măsuri speciale se pot monta LEA de joasă tensiune pe stîlpi comuni cu LEA de medie tensiune sau cu linii de telecomunicații.

Din punct de vedere funcțional stîlpii se împart în:

1) *Stîlpi de susținere,* care au rolul ca în funcționare normală să preia eforturile datorate încărcărilor verticale (greutatea conductoarelor, a izolatoarelor etc.), precum și forțele orizontale datorite acțiunii vîntului. Stîlpii de susținere constituie tipul cel mai numeros de pe o linie (70—90% din numărul total al stîlpilor liniei). În funcție de modul de prindere a conductoarelor la lanțurile de izolatoare stîlpii de susținere pot fi de tip normal, dacă se utilizează cleme cu eliberarea conductoarelor ori cleme cu tracți-

une limitată sau de tip întărit cînd se utilizează cleme cu reținerea conductoarelor.

2) *Stîlpii de întindere* se fixează pe aliniamentul liniei la distanțe cuprinse în general între 2 și 10 km și au rolul de a prelua unele eforturi în lungul liniei, în scopul limitării avariilor pe o porțiune limitată a liniei.

Porțiunea de linie cuprinsă între doi stîlpi de întindere se numește *panou de întindere*. În afara funcțiunii arătate mai sus, stîlpii de întindere constituie puncte de sprijin pentru întinderea conductoarelor în panou la construirea liniei sau la reparații.

3) *Stîlpii terminali* se montează la capetele liniei și trebuie să preia în permanență forțele de tracțiune orizontale ale tuturor conductoarelor de aceeași parte a stîlpului. Stîlpii terminali au și rolul de stîlpi de întindere, delimitînd la cîte un capăt primul și ultimul panou de întindere al liniei. Se recomandă ca stîlpii termimali să fie amplasați în aliniamentul liniei, nu în colț.

4) *Stîlpii de colț* se montează la intersecția a două aliniamente și trebuie să preia forțele de tracțiune rezultante în conductoare. În funcție de unghiul format de cele două aliniamente, stîlpii de colț pot fi calculați și realizați ca stîlpi de susținere sau ca stîlpi de întindere. De obicei, la unghiuri apropiate de 180° (200^{g}) se realizează ca stîlpi de susținere, iar la unghiuri mai pronunțate între aliniamente se utilizează stîlpi de întindere și de colț, delimitînd în același timp și un panou de întindere.

5) *Stîlpi de traversare* se utilizează în porțiunile de traseu în care linia trece peste căi ferate, șosele, canale navigabile etc.

6) *Stîlpi de subtraversare* se folosesc în cazurile în care o linie electrică trece pe sub o altă linie cu o tensiune egală sau superioară, fără ca cele două linii să aibă vreun punct comun.

7) *Stîlpi de intersecție* (încrucișare) sînt stîlpii pe care se execută intersecția a două linii electrice; se utilizează în special la *LEA* de joasă tensiune.

8) *Stîlpii de derivație* sînt stîlpii de pe care se efectuează o derivație din linia respectivă.

9) *Stîlpii de transpunere a fazelor* se folosesc pentru rotirea fazelor în scopul uniformizării inductanței și capacității liniei. Transpunerile de fază se impun numai la liniile cu lungimi mari și cu tensiuni de la 110 kV inclusiv în sus. De obicei, ca stîlpi de transpunere se utilizează stîlpi de întindere, la care se montează echipament suplimentar pentru a se putea face rotirea conductoarelor.

6.2. Stîlpi metalici

Se folosesc în prezent în țara noastră pentru construcția *LEA* de înaltă și foarte înaltă tensiune, respectiv 110, 220, 400 și 750 kV, simplu sau dublu circuit și, mai rar, pentru mai multe circuite.

Stîlpii metalici oferă o serie de avanttaje, care compensează consumul important de metal. Astfel:

— se pot executa din piese separate, care se îmbină la fața locului, ceea ce permite un grad de industrializare ridicat și ușurează transportul;

— asigură o bună legătură la pămînt prin corpul stîlpului;

— același tip de stîlp se poate realiza de diferite înălțimi, adăugîndu-se sau înlăturîndu-se unul sau mai multe tronsoane, în funcție de necesități;

— pe același stîlp por fi montate unul, două sau mai multe circuite trifazate și unul sau două conductoare de protecție, folosind formele de coronament cele mai convenabile.

Pentru execuția stîlpilor metalici se folosesc profile laminate din oțel.

Conform normativului PE 105-83 pentru construcția stîlpilor metalici ai LEA cu $U_n > 1$ kV *se pot folosi laminate la cald* din oțel carbon și oțel slab aliat, *precum și* profile cu *pereți subțiri formate la rece*. Astfel:

— oțel de uz general pentru construcții, mărcile OL 37, OL 44 și OL 52, conform STAS 500/2-80;

— oțel cu granulație fină pentru construcții, mărcile OCS 44, OSC 52, OCS 55 și OCS 58, conform STAS 9021-80;

— oțel pentru țevi, mărcile OLT 35 și OLT 45, conform STAS 8185-80

— benzi din oțel laminat la cald, conform STAS 908-80;

— oțel rezistent la coroziune atmosferică, mărcile RCA 37 și RCB 52, conform STAS 500/3-80;

Clasele de calitate sînt 2 K și 3 K; pentru elemente secundare ale stîlpilor, ca și pentru profile și tablă din OL 37 cu grosimi pînă la 12 mm destinate a funcționa la temperaturi minime pînă la — 30°C poate fi folosit și oțel de calitatea 2n.

Rezistențele de calcul pentru diferitele oțeluri laminate sînt date în tabelul 6.23.

Corpul stîlpului este în general o grindă cu zăbrele, cu secțiune pătrată sau dreptunghiulară executată din mai multe tronsoane; el se compune din montanții verticali și un sistem de diagonale și contravîntuiri.

Fixarea stîlpilor în fundații se face prin picioarele de fundații.

Partea superioară a stîlpului (coronamentul) poate avea diferite forme. Cele mai obișnuite tipuri de coronament sînt arătate în fig. 6.1 (simplu circuit) și în fig. 6.2 (dublu circuit).

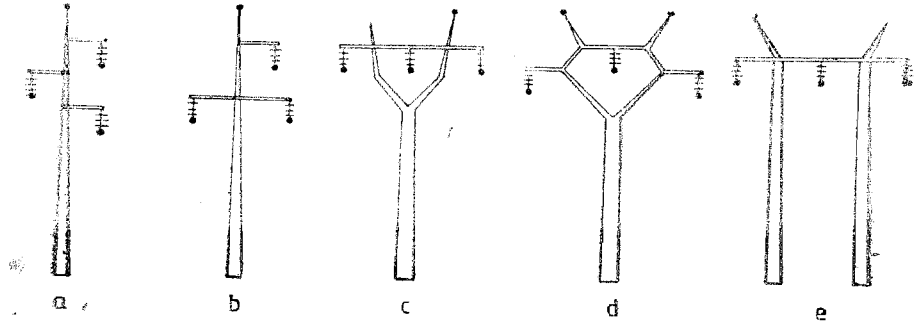


Fig. 6.1. Coronamente de stîlpi cu simplu circuit:
a, *b* — în triunghi; *c* — tip Y; *d* — tip pisică; *e* — tip portal.

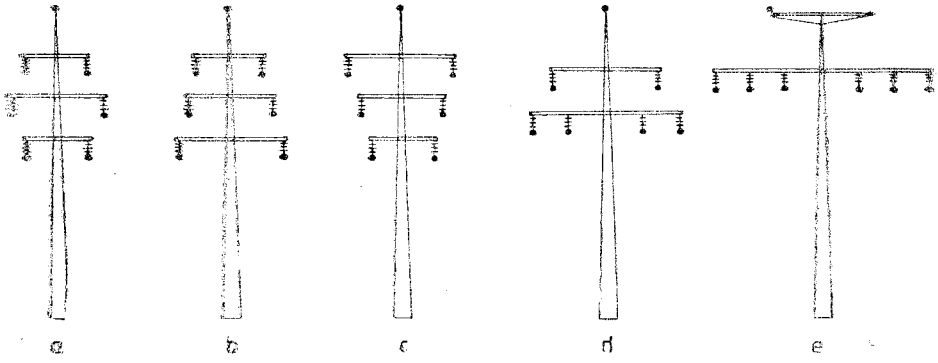


Fig. 6.2. Coroanmente de stîlpi cu dublu circuit:
a — hexagon; *b* — brad; *c* — brad întors; *d* — conductoarele active situate în două planuri orizontale; *e* — toate conductoarele active situate în același plan orizontal.

Din punct de vedere al modului de construcție stîlpii metalici pot fi:

— *sudați* sau *sudați-bulonați* la care tronsoanele (sau uneori numai fețele tronsoanelor) sînt formate prin sudarea în fabrică a barelor și elementelor componente; asamblarea acestora între ele se face prin buloane la locul de montaj;

— *bulonați*, în care caz toate barele și piesele componente se execută în fabrică la dimensiunile necesare, se asamblează prin buloane direct pe amplasamentul stîlpului, fiind ambalate în colete; acest mod de construcție permite economii la transport, economii care pot deveni foarte importante atunci cînd transportul se face pe distanțe mari sau în zone greu accesibile; cere însă o execuței foarte îngrijită a barelor componente.

Avînd în vedere avantajele stîlpilor bulonați tendința actuală este de a se utiliza în cît mai mare măsură acest tip de stîlpi. Directivele de proiectare a centralelor și rețelelor PE 022-1/78 ale Ministerului Energiei Electrice *recomandă folosirea stîlpilor și montatea lor prin clădire, bară cu bară*, evitîndu-se preasamblarea la sol și ridicarea ulterioară.

Protecția stîlpilor metalici împotriva ruginii se face prin vopsire sau zincare.

În cazul vopsirii se dă în fabrică un strat de grund și un strat de vopsea și pe șantier al doilea strat de vopsea. După montare, la anumite intervale ($\approx$ 5 ani) stîlpii trebuie revopsiți.

Zincarea la cald se poate efectua la stîlpii bulonați (cei sudați ar necesita dimensiuni foarte mari ale băilor de zincare). Prin zincare se asigură o protecție îndelungată a stîlpului (25—30 ani).

În vederea ușurării proiectării și execuției, stîlpii metalici pentru LEA 110, 220 și 400 kV au fost tipizați.

În continuare sînt date caracteristicile de bază (siluete, înălțimi, lățimi la bază, greutăți, deschideri între stîlpi etc) ale principalelor serii de stîlpi tipizați de ISPE[1].

1) Seriile de stîlpi tipizați sînt în curs de revizuire.

6.2.1. **Stîlpi metalici sudați pentru** *LEA* **110 kV simplu circuit** (fig. 6.3 și tabelul 6.1)

Sînt proiectați pentru conductoare active din aluminiu-oțel cu secțiunea de 185/32 mm² și un conductor de protecție din aluminiu-oțel întărit cu secțiunea de 95/55 mm² sau oțel zincat cu secțiunea de 70 mm² (stîlpul de subtraversare ICs 110.143 este prevăzut pentru două conductoare de protecție).

Stîlpii de susținere normală Sn 110.102 și stîlpii de susținere în colț SC 110.106 sînt calculați pentru cleme cu reținerea conductorului.

6.2.2. **Stîlpi metalici bulonați pentru** *LEA* **110 kV dublu circuit** (fig.6.4 și tabelul 6.2)

Sînt prevăzuți pentru conductoare active din Al—Ol 240/40 mm² sau 300/69 mm² și un conductor de protecție din Al—Ol întărit 160/95 mm² sau oțel zincat 70 mm² (stîlpul ICn 110.243 cu două conductoare de protecție).

Stîlpii de susținere normală Sn 110.252 și stîlpii de susținere specială Ss 110.256 sînt calculați pentru cleme cu reținerea conductorului.

6.2.3. **Stîlpi metalici sudați-bulonați pentru** *LEA* **220 kV dublu circuit** (fig. 6.5. și tabelul 6.3)

Sînt prevăzuți pentru conductoare active din Al—10 450/75 mm² și conductor de protecție din Al—Ol întărit 160/95 mm².

Stîlpul de susținere Sn 220.201 este calculat pentru cleme cu tracțiune limitată, iar stîlpii de susținere Sn 220.202 și Ss 220.205 pentru cleme cu reținerea conductorului.

6.2.4. **Stîlpi metalici portali ancorați (tip PAS) pentru** *LEA* **400 kV simplu circuit** (fig. 6.6 și tabelul 6.4)

Sînt prevăzuți pentru trei conductoare active pe fază din Al—Ol 300/69 mm² sau 450/75 mm² și două conductoare de protecție din Al—Ol întărit 160/95 mm².

Sînt stîlpi de susținere în aliniament.

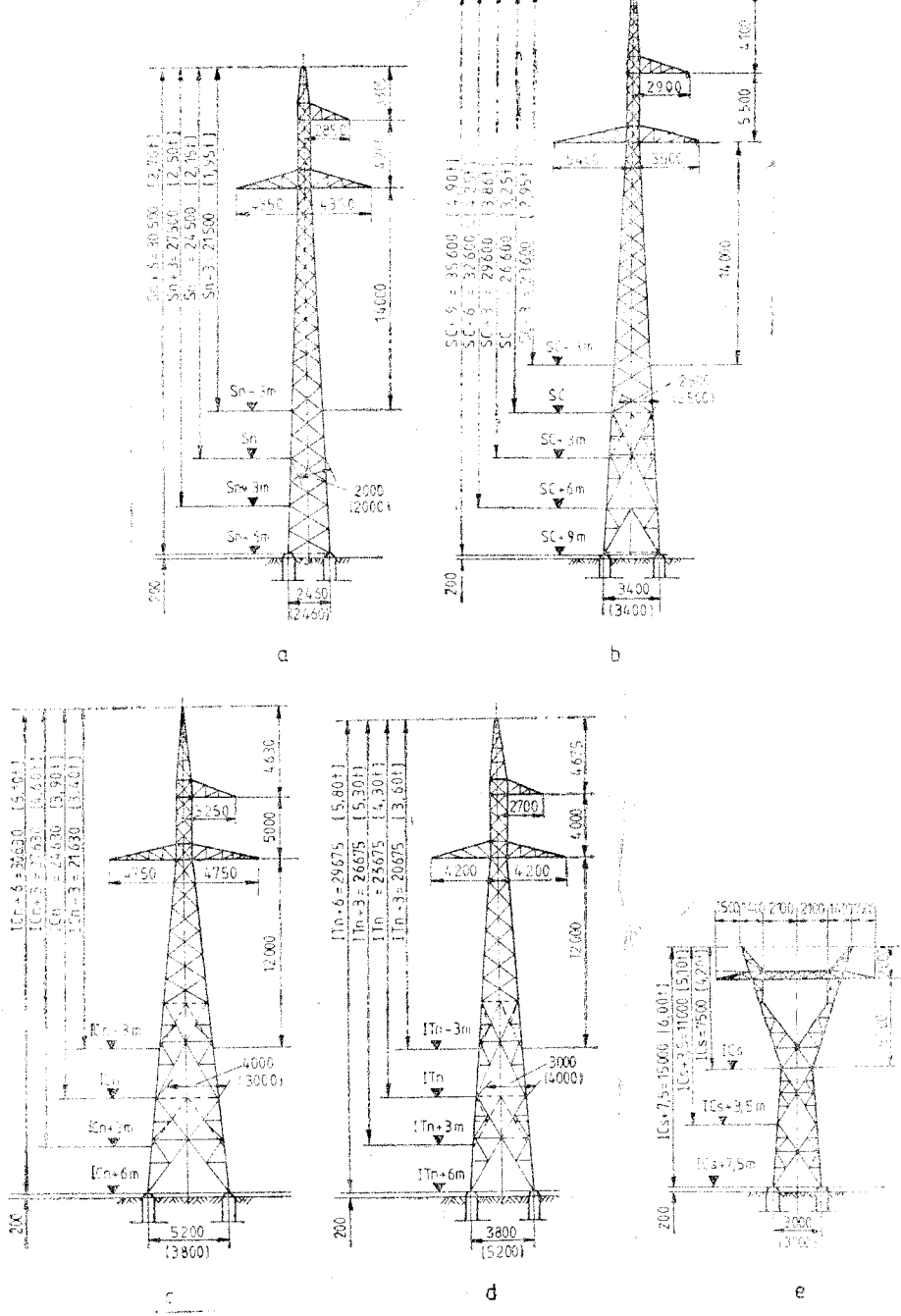


Fig. 6.3. Stîlpi metalici sudați pentru LEA 110 kV simplu circuit:
a — stîlp de susținere normal, tip SN 110.102; *b* — stîlp de susținere în colț, tip SC 110.106
c — stîlp de întindere și colț, tip ICn 110.113; *d* — stîlp terminal, tip I Tn 110.114; *e* — stîlp de întindere și colț de subtraversare, tip ICs 110.143.

Notă:

1) Cifrele în paranteze normale indică dimensiunile în milimetri la baza stîlpului pe direcția aliniamentului.

2) Cifrele în paranteze drepte indică masele aproximative în tone pentru diferitele înălțimi ale stîlpului.

Tabelul 6.1

Stîlpii metalici sudați pentru *LEA* 110 kV simplu circuit

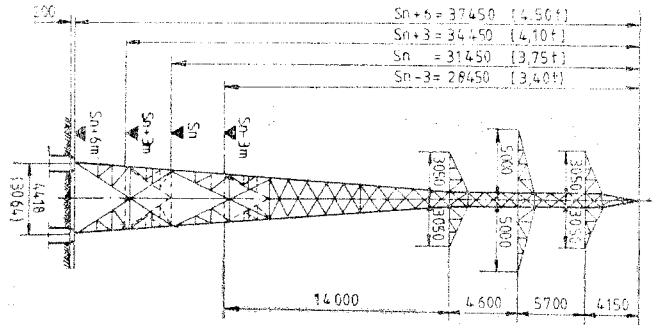
Nr. crt.	Caracteristica	Simbolul	UM	Tipul stîlpului				
				Susținere normal Sn 110.102	Susținere colț SC 110.106	Întindere și colț ICn 110.11	Terminal ITn 110.114	Întindere în colț subtraversare ICs 110.143
1	Înălțime totală (stîlp normal)	H	[m]	24,50	26,60	24,63	23,675	7,50
2	Masa aproximativă (stîlp normal)	G	[t]	2,15	3,25	3,85	4,20	5,10
3	Deschidere normală	a_n	[m]	245	245	245	245	230
4	Deschiderea maximă limitată de presiunea vîntului	a_v	[m]	275	375	275	200	260
5	Deschiderea maximă limitată de forțele verticale	a_g	[m]	425	500	425	300	260
6	Deschiderea maximă limitată de distanța între faze	a_f	[m]	275	375	300	300	275
7	Viteza vîntului nesimultan cu chiciura	v	[m/s]	35	35	35	35	35
8	Viteza vîntului simultan cu chiciura	v_{ch}	[m/s]	20	20	20	20	20
9	Grosimea stratului de chiciură	b	[mm]	23	23	23	23	23
10	Densitatea chiciurii	γ	[daN/cm^3]	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

Tabelul 6.2

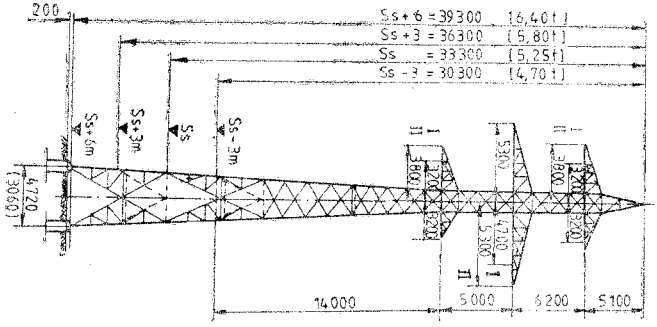
Stîlpii metalici bulonați pentru *LEA* **110 kV dublu circuit** (stîlpi în curs de revizuire și reomologare)

Nr. crt.	Caracteristica	Simbolul	UM	Tipul stîlpului					
				Susținere normal Sn110.252	Susținere special SS110.256	Întindere și colț ICn110.263	Terminal IT110.264	Întindere și colț de subtraversare ICn110.243	Terminal cu console în cruce ITn110.244
1	Înălțimea **totală** (stîlp normal)	H	[m]	31,45	33,30	28,70	28,70	18,033	33,22
2	Masa aproximativă (stîlp normal)	G	[t]	3,75	5,25	7,20	7,95	8,35	12,60
3	Deschiderea normală	a_n	[m]	275	275	275	275	270	275
4	Deschiderea maximă limitată de presiunea vîntului	a_v	[m]	275	275	275	275	300	275
5	Deschiderea **maximă** limitată de forțele verticale	a_g	[m]	400	400	500	500	460	500
6	Deschiderea maximă limitată de distanța între faze	a_f	[m]	325	325	325	325	325	325
7	Viteza vîntului nesimultan cu chiciură	v	[m/s]	33	33	33	33	35	33
8	Viteza vîntului simultan cu chiciură	v_{ch}	[m/s]	19	19	19	19	20	19
9	Grosimea stratului de chiciură	b	[mm]	22	22	22	22	35	22
10	Densitatea chiciurii	γ	[daN/cm³]	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
11	Unghiul liniei	2α	[g]	—	200—185	200—140	100—85	—	—

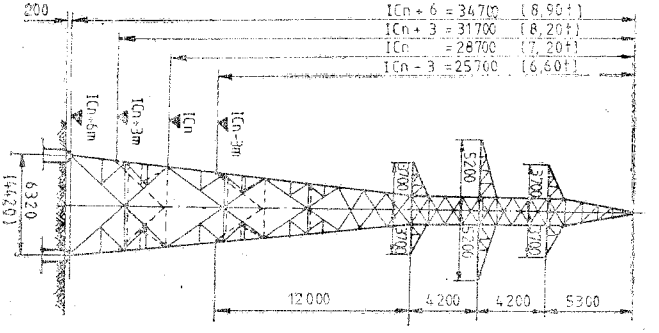
a


Sn+6 = 37450 [4,50t]
Sn+3 = 34450 [4,10t]
Sn = 31450 [3,75t]
Sn-3 = 28450 [3,40t]
Sn+6m
Sn+3m
Sn
Sn-3m
4418
(3964)
3050
5000
3050
5000
3050
14000
4600
5700
4150

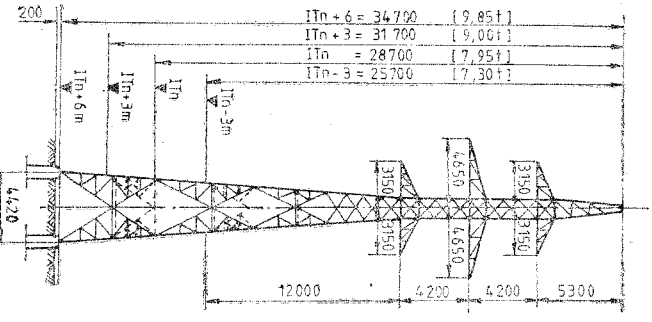
b


200
Ss+6 = 39300 [6,40t]
Ss+3 = 36300 [5,80t]
Ss = 33300 [5,25t]
Ss -3 = 30300 [4,70t]
Ss+6m
Ss+3m
Ss
Ss-3m
I
II
II
I
4720
(3962)
3600
3200
3600
3200
5300
4200
5300
14000
5000
6200
5100

c


200
ICn+6 = 34700 [8,90t]
ICn+3 = 31700 [8,20t]
ICn = 28700 [7,20t]
ICn-3 = 25700 [6,60t]
ICn+6m
ICn+3m
ICn
ICn-3m
6320
(4462)
5200
3700
5200
3700
5200
3700
12000
4200
4200
5300

d


200
ITn+6 = 34700 [9,85t]
ITn+3 = 31700 [9,00t]
ITn = 28700 [7,95t]
ITn-3 = 25700 [7,30t]
ITn+6m
ITn+3m
ITn
ITn-3m
4420
(3329)
3150
4650
3150
4650
3150
12000
4200
4200
5300

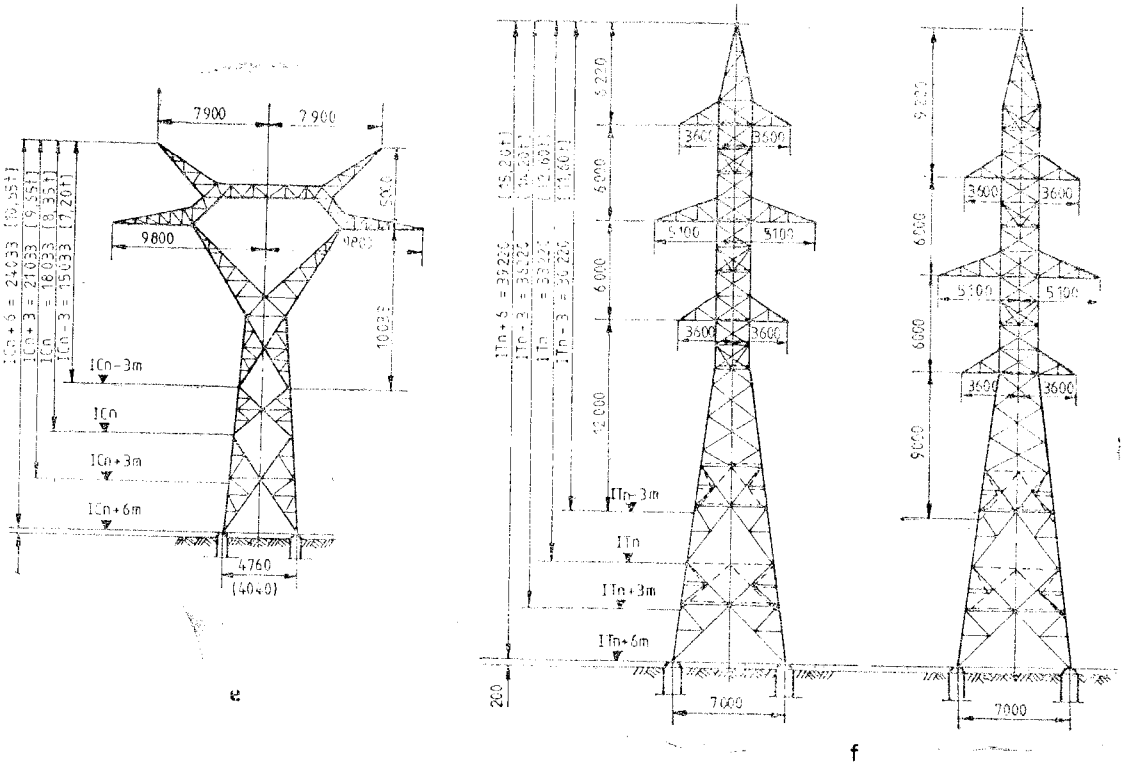


Fig. 6.4. Stîlpi metalici bulonați pentru LEA 110 kV dublu circuit:

a — stîlp de susținere normal, tip Sn 110.252; *b* — stîlp de susținere special, tip Ss 110.256; ● montaj *I* — susținere în aliniament; ● montaj *II* — susținere în colț; *c* — stîlp de întindere și colț, tip ICn 110.263; *d* — stîlp terminal, tip IT 110.264; *e* — stîlp de întindere și colț de subtraversare, tip ICn 110.243; *f* — stîlp terminal cu console în cruce, tip ITn 110.244.

NOTĂ:

1) Cifrele în paranteze normale indică dimensiunile în milimetri la baza stîlpului pe direcția aliniamentului liniei.

2) Cifrele în paranteze drepte indică masele aproximative în tone pentru diferitele înălțimi ale stîlpului.

3) La tipul de stîlp Ss 110.256 masele indicate în paranteze drepte sînt pentru montaj *I*; pentru montaj *II* masele sînt cu circa **0,1 t mai mici.**

6900
8 000
8 000
15 000
9500
5500
5500
5500
9500
5500
5400
(33+6)
Ss-6m
Ss-3m
Ss
Ss+3m
Ss+6m
Ss+9m
Ss - 6 = 38 900 [9,60t]
Ss - 3 = 41 900 [10,55t]
Ss = 44 900 [11,20t]
Ss + 3 = 47 900 [12,20t]
Ss + 6 = 50 900 [12,80t]
Ss + 9 = 53 900 [13,90t]
c
6400
6500
6500
16 000
8000
5000
5000
5000
8000
5100
(33+6)
Sn-6m
Sn-3m
Sn
Sn+3m
Sn+6m
210
Sn - 6 = 35 400 [7,77t]
Sn - 3 = 38 400 [8,65t]
Sn = 41 400 [9,43t]
Sn + 3 = 44 400 [10,25t]
Sn + 6 = 47 400 [10,92t]
b
6400
6500
6500
16000
8000
5000
5000
5000
8000
5100
(33+6)
Sn-6m
Sn-3m
Sn
Sn+3m
Sn+6m
210
Sn - 6 = 35 400 [6,20t]
Sn - 3 = 38 400 [7,05t]
Sn = 41 400 [7,70t]
Sn + 3 = 44 400 [8,60t]
Sn + 6 = 47 400 [9,25t]
a

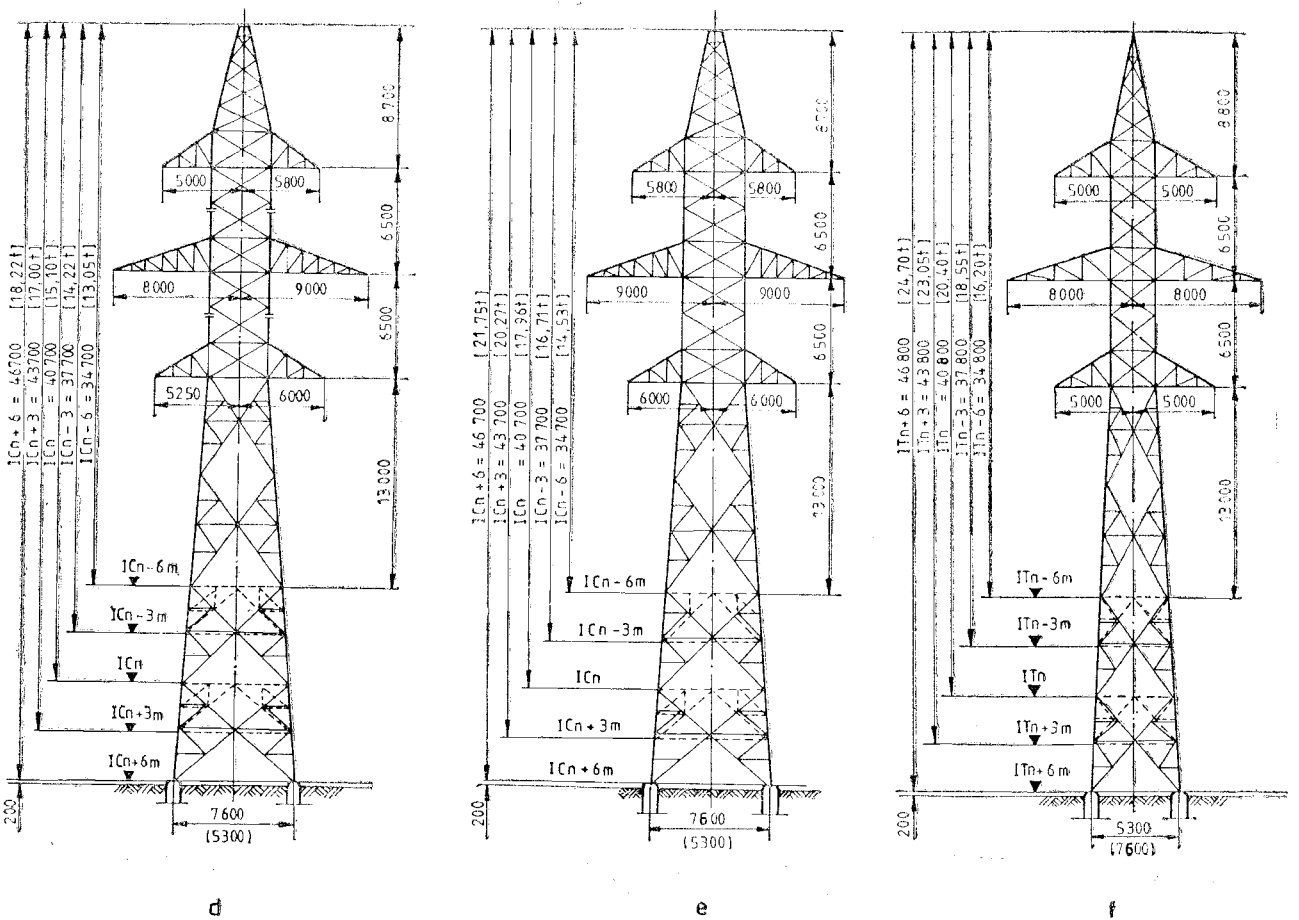


Fig. 6.5. Stîlpi metalici sudați-bulona pentru LEA 220 kV dublu circuit:

a — stîlp de susținere normal pentru montaj cu cleme cu tracțiune limitată, tip Su 220.201; *b* — stîlp de susținere normal pentru montaj cu cleme cu reținerea conductorului, tip Sn 220.202; *c* — stîlp de susținere special pentru montaj cu cleme cu reținerea conductorului, tip Ss 220.205; *d* — stîlp de întindere și colț, tip ICn 220.212; *e* — stîlp de întindere și colț, tip ICn 220.213; *f* — stîlp terminal, tip ITn 220.214.

NOTĂ:

1) Cifrele în paranteze normale indică dimensiunile în milimetri la baza stîlpului pe direcția aliniamentrului liniei.
2) Cifrele în paranteze drepte indică masele aproximative în tone pentru diferitele înălțimi ale stîlpului.

Tabelul 6.3

Stîlpii metalici sudați-bulonați pentru *LEA* 220 kV dublu circuit

Nr. crt.	Caracteristica	Simbolul	UM	Tipul stîlpului					
				Susținere normal Sn 220.201	Susținere normal Sn 220.202	Susținere special Ss 220.205	Întindere în colț ICn 220.212	Întindere în colț ICn 220.213	Terminal ITn 220.214
1	Înălțimea totală (stîlp normal)	H	[m]	41,4	41,4	44,9	40,7	40,7	40,8
2	Masa aproximativă (stîlp normal)	G	[t]	7,7	9,3	11,2	15,1	17,96	20,4
3	Deschiderea normală	a_n	[m]	340	340	340	340	340	340
4	Deschiderea maximă limitată de presiunea vîntului	a_v	[m]	385	385	480	385	385	385
5	Deschiderea maximă limitată de forțele verticale	a_g	[m]	600	600	700	600	600	600
6	Deschiderea maximă limitată de distanța între faze	a_f	[m]	420	420	510	420	420	420
7	Viteza vîntului nesimultan cu chiciură	v	[m/s]	40	40	40	40	40	40
8	Viteza vîntului simultan cu chiciură	v_{ch}	[m/s]	25	25	25	25	25	25
9	Grosimea stratului de chiciură	b	[mm]	25	25	25	25	25	25
10	Densitatea chiciurii	γ	[daN/cm³]	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
11	Unghiul liniei	2α	[g]	—	—	—	200—170	170—140	100—85

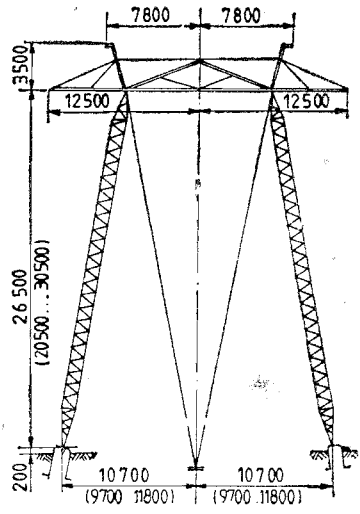


Fig. 6.6. Stîlpi metalici portali ancoraţi pentru LEA 400 kV simplu circuit (PAS 400.131 şi 400.132).

Tabelul 6.4

Stîlpii metalici portali-ancoraţi (tip PAS) pentru *LEA* 400 kV simplu circuit

Nr. crt.	Caracteristica	Simbolul	UM	Tipul stîlpului	
				Susţinere PAS 400.131	Susţinere PAS 400.132
1	Înălţimea totală (stîlp normal)	H	[m]	30	30
2	Masa aproximativă (stîlp normal)	G	[t]	7,50	6,25
3	Deschidere normală	a_n	[m]	365	380
4	Deschiderea maximă limitată de presiunea vîntului	a_v	[m]	375	400
5	Deschiderea maximă limitată de forţele verticale	a_g	[m]	550	550
6	Deschiderea maximă limitată de distanţa între faze	a_f	[m]	550	550
7	Viteza vîntului nesimultan cu chiciura	v	[m/s]	36	32
8	Viteza vîntului simultan cu chiciura	v_{ch}	[m/s]	22	17
9	Grosimea stratului de chiciură	b	[mm]	24	20
10	Densitatea chiciurii	γ	[daN/cm^3]	0,75	0,75

6.2.5. **Stîlpi metalici tip Y pentru *LEA* 400 kV simplu circuit** (fig. 6.7 şi tabelul 6.5)

Sînt proiectaţi pentru trei conductoare active pe fază din Al—01 300/69 mm^2 sau 450/75 mm^2 şi două conductoare de protecţie din Al—01 întărit 160/95 mm^2.

c
12000
12000
ICy-3m
ICy
ICy+3m
ICy+6m
ICy+9m
ICy+12m
ICy-3 = 26000 [18,2t]
ICy = 29000 [19,4t]
ICy+3 = 32000 [21,1t]
ICy+6 = 35000 [23,3t]
ICy+9 = 38000 [25,7t]
ICy+12 = 41000 [27,8t]
200
b
16800
13500
13500
4600
7000
1500
7500
12000
7480
(5600)
SSY-6m
SSY-3m
SSY
SSY+3m
SSY+6m
SSY-6 = 26600 [15,1t]
SSY-3 = 29600 [16,2t]
SSY = 32600 [16,95t]
SSY+3 = 35600 [18,1t]
SSY+6 = 38600 [18,65t]
200
a
15700
1500
150
7000
7500
12000
12000
12000
6750
(5050)
SnY-6m
SnY-3m
SnY
SnY+3m
SnY+6m
SnY-6 = 23500 [9,15t]
SnY-3 = 26500 [10,9t]
SnY = 29500 [11,65t]
SnY+3 = 32500 [12,75t]
SnY+6 = 35500 [13,55t]
200

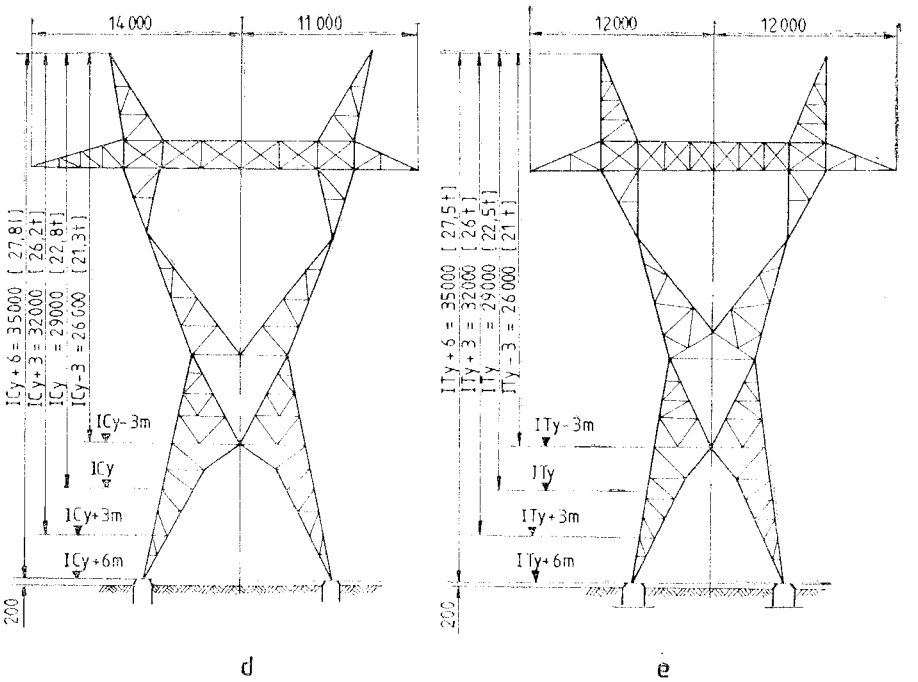


Fig. 6.7. Stîlpi metalici bulonați tip Y pentru LEA 400 kV simplu circuit:
a — stîlp de susținere normal, tip Sn Y 400.133; *b* — stîlp de susținere special, tip Ss Y 400.134; *c* — stîlp de întindere și colț, tip ICY 400.136; *d* — stîlp de întindere și colț, tip ICY 400.137; *e* — stîlp terminal, tip IT Y 400.138.

NOTĂ:

1) Cifrele în paranteze normale indică dimensiunile în milimetri la baza stîlpului pe direcția aliniamentului liniei.
2) Cifrele în paranteze drepte indică masele aproximative în tone pentru diferitele înălțimi ale stîlpului.

Tabelul 6.5

Stîlpii metalici bulonați tip Y pentru *LEA* 400 kV simplu circuit
(stîlpi în curs de revizuire și reomologare)

Nr. crt.	Caracteristica	Simbolul	UM	Tipul stîlpului				
				Susținere normal Suy 400.133	Susținere special Ssy 400.134 alin./colț	Întindere în colț ICy 400.136	Întindere în colț ICy 400.137	Terminal ITy 400.138
1	Înălțimea totală (stîlp normal)	H	[m]	29,5	32,6	29	29	29
2	Masa aproximativă (stîlp normal)	G	[t]	11,65	16,95	19,4	22,8	22,5
3	Deschiderea normală	a_n	[m]	365	365	365	365	365
4	Deschiderea maximă limitată la presiunea vîntului	a_v	[m]	365	600/400	400	400	400
5	Deschiderea maximă limitată la forțele verticale	a_g	[m]	650	725/650	650	650	650
6	Deschiderea maximă limitată de distanța între faze	a_f	[m]	550	650	550	550	550
7	Viteza vîntului nesimultan cu chiciură	v	[m/s]	36	36/32	36	36	36
8	Viteza vîntului simultan cu chiciură	v_{ch}	[m/s]	22	22/17	22	22	22
9	Grosimea stratului de chiciură	b	[mm]	24	24/20	24	24	24
10	Densitatea chiciurii	γ	[daN/cm^3]	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

NOTĂ. În afară de stîlpii tipizaţi descrişi mai sînt în prezent tipizaţi stîlpi de 110 kV cu patru circuite Al-01 240/40 mm² şi stîlpi 400 kV cu două circuite şi două conductoare Al-01 450/75 mm pe fază.

6.2.6. Stîlpi metalici pentru *LEA* 20 kV dublu circuit

Sînt tipizaţi de CIRE pentru utilizare specială (întindere, colţ, terminali şi de traversare) la linii cu izolaţie elastică, stîlpii de susţinere fiind din beton centrifugat sau vibrat precomprimat.

Liniile se echipează cu conductoare din Al—01 120/21 mm² şi izolatoare capă-tijă tip CTS 70—1.

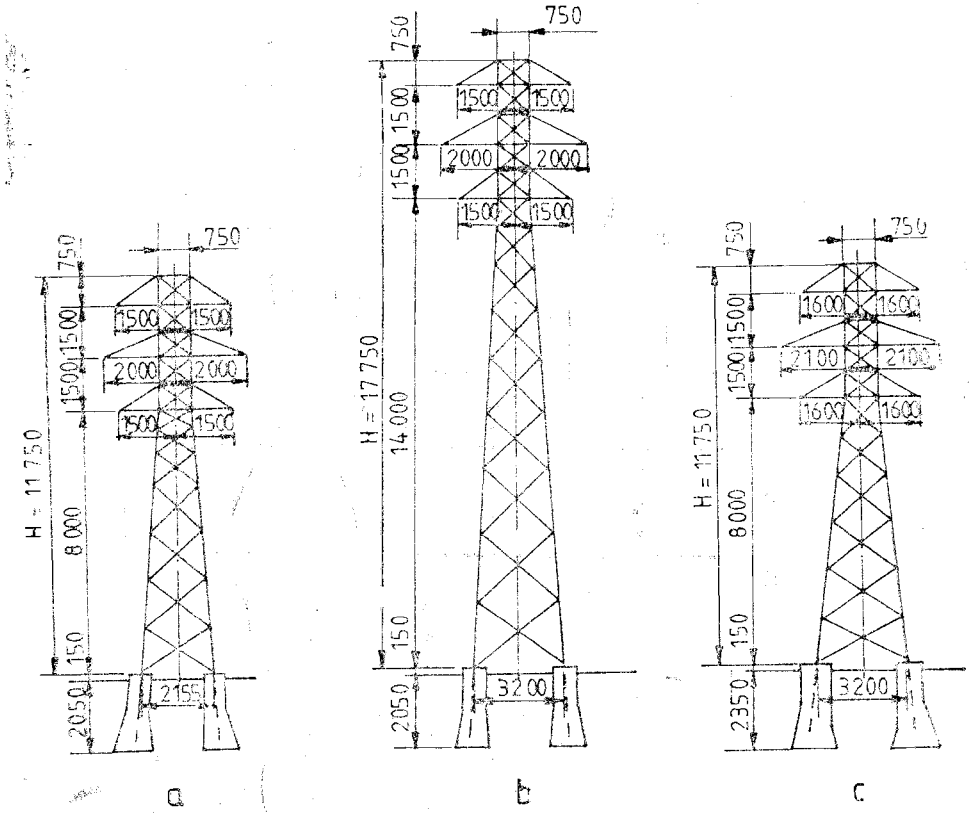


Fig. 6.8. Stîlpi metalici LEA 20 kV dublu circuit:

a — stîlp de întindere în aliniament şi colţ, tip IC 20212; *b* — stîlp de întindere în aliniament şi colţ, tip IC 20212 + 6 m pentru traversări; *c* — stîlp de întindere în colţ şi terminal, tip IC 20.213.

Tabelul 6.6

Stîlpii metalici pentru *LEA* 20 kV dublu circuit cu izolaţie elastică

Nr. crt.	Caracteristica	Simbolul	UM	Tipul stîlpului					
				Întindere în aliniament şi colţ IC 20212		Întindere în aliniament şi colţ IC 20212 + 6m		Întindere în colţ şi terminal IC 20213	
				Zona *I*	Zona *II*	Zona *I*	Zona *II*	Zona *I*	Zona *II*
1	Înălţimea totală	H	[m]	11,75		17,75		11,75	
2	Masa aproximativă	G	[t]	1,45		2,15		1,80	
3	Deschiderea normală gabarit 7 m	a_{n7}	[m]	151	164	242	265	151	164
4	Deschiderea normală gabarit 6 m	a_{n6}	[m]	170	185	254	280	170	185
5	Deschiderea maximă limitată de presiunea vîntului	a_v	[m]	125	125	125	125	125	125
6	Deschiderea maximă limitată de distanţa între faze	a_f	[m]	150	150	150	150	150	150
7	Unghiul liniei	2α	[g]	200—170		200—170		170—140	

6.3. Stîlpi din beton armat

6.3.1. Generalităţi

Stîlpii din beton armat sînt în prezent foarte răspîndiţi datorită următoarelor avantaje:

— economie de lemn şi metal, folosind materiale de o mai largă răspîndire (ciment, agregate etc);

— cost relativ redus;

— rezistenţă mecanică bună;

— siguranţă în exploatare şi cheltuieli de întreţinere aproape nule;

— posibilitatea de tipizare şi de execuţie industrializată în fabrici cu productivitate mare.

Au însă şi o serie de dezavantaje:

— greutate mare şi o oarecare fragilitate, ceea ce conduce la un transport mai scump şi mai dificil;

— necesită o execuţie îngrijită în fabrică şi o tehnică de montaj corespunzătoare.

Stîlpii din beton armat pot fi vibraţi sau centrifugaţi, ambele procedee contribuind la o bună îndesare a betonului. Atît stîlpii vibraţi, cît şi cei centrifugaţi pot fi executaţi cu armătură normală sau pretensionată, aceasta din urmă producînd o precomprimare a betonului, dîndu-i astfel calitate superioară.

Materialele ce intră în componenţa stîlpilor de beton trebuie să fie de bună calitate.

Oţelul-beton folosit la armarea longitudinală trebuie să fie de tip PC 60 sau PC 52, conform STAS 438; diametrul barelor luate în considerare în calculul de rezistenţă trebuie să fie de cel puţin 10 mm.

Armăturile pretensionate trebuie să fie din sîrme amprentate cu diametrul minim de 5 mm, conform STAS 6482/3 sau din toroane cu diametrul sîrmelor de cel puţin 3 mm, conform STAS 6482/4.

Armăturile transversale pentru etrieri, frete etc. se realizează din 01 34 sau 01 37.

Pentru armarea longitudinală se folosesc minimum 6 bare la stîlpii cu secţiune circulară (dacă diametrul exterior este pînă la 15 cm inclusiv se pot folosi numai 5 bare) şi minimum 4 bare la stîlpii cu secţiune rectangulară.

Betonul trebuie să aibă clasa Bc 30 (B 400); pentru elemente accesorii se admit şi mărci mai reduse, dar cel puţin Bc (B 250). Agregatele şi apa folosite la execuţia betonului trebuie să fie foarte curate.

6.3.2. Stîlpi din beton armat centrifugat pentru *LEA* 110 kV (fig. 6.8 şi tabelul 6.6)

Stîlpii sînt tipizaţi:

SC 1185 — LEA 110 kV simplu circuit;

SC 1187 — LEA 110 kV dublu circuit.

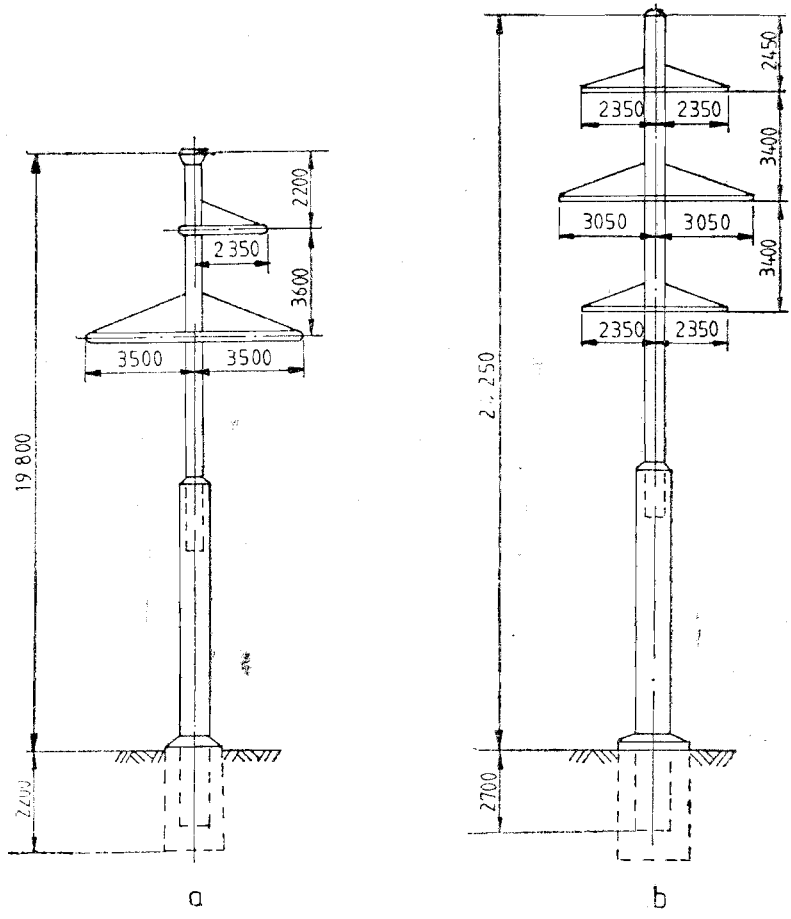


Fig. 6.9. Stîlpi din beton armat centrifugat pentru LEA 110 kV:
a — stîlp tip SC 1185 pentru susținere simplu circuit; *b* — stîlp tip SC 1187 pentru susținere dublu circuit.

Stîlpii sînt prevăzuți pentru echipare cu conductoare active din Al—Ol 185/32 mm² și un conductor de protecție din Al-Ol întărit 95/55 mm² sau oțel zincat 70 mm².

6.3.3. Stîlpi din beton armat centrifugat pentru *LEA* de medie și joasă tensiune

Se fabrică atît stîlpi centrifugați normali (indicativ SC), cît și centrifugați precomprimați (indicativ SCP).

Tabelul 6.7

Stîlpii de beton armat centrifugat pentru *LEA* 110 kV

Nr. crt.	Caracteristica	Simbolul	UM	Tipul stîlpului	
				SC 1185	SC 1187
1	Înălțimea deasupra solului	H	[m]	19,80	24,25
2	Masa aproximativă	G	[t]	7,1	8,2
3	Consum de ciment	g_1	[t]	1,14	1,29
4	Consum de armături	g_2	[t]	1,25	1,73
5	Consum de laminate	g_3	[t]	0,29	0,42
6	Deschiderea normală	a_n	[m]	195	247
7	Deschiderea maximă limitată de presiunea vîntului	a_v	[m]	252	307
8	Deschiderea maximă limitată de forțele verticale	a_g	[m]	310	396
9	Distanța maximă limitată de distanța între faze	a_f	[m]	276	332
10	Viteza vîntului nesimultan cu chiciură	v	[m/s]	35	30
11	Viteza vîntului simultan cu chiciură	v_{ch}	[m/s]	20	15
12	Grosimea stratului de chiciură	b	[mm]	23	17
13	Densitatea chiciurii	γ	[daN/cm³]	0,75	0,75
14	Dimensiunile: diametru/grosime — la vîrf	—	[mm]	23,3/55	28,2/5,6
	— la bază	—	[mm]	72/7	72/7

Tabelul 6.8

Stîlpii din beton armat centrifugat pentru *LEA* de medie și joasă tensiune

Tipul stîlpului	Lungimea [m]	Dimensiunile [cm] Diametrul/Grosimea		Momentul capabil [daN·m]	Masa [kg]	Observații
		la vîrf	la bază			
SC 15007	14	21/5	35/5,5	5830	1530	
SC 15014	12	32/5	50/7,5	17350	2465	
SC 15014—105	10,5	34,25/5	50/7,5	12850	1820	
SC 15015	14	32/5	53/7,5	20910	2965	
SC 15016	16	26/5	50,3/7,5	19290	2750	
SC 12—2200	12	44/7	62/8,5	22900	3600	
SC 12—3100	12	56/7	74/8,5	32000	4500	
SC 16—1400	16	44/7	68/8,5	19200	5100	
SC 18—1300	18	44/7	79/8,5	20200	5820	
SC 10001	10	15/4,5	25/5	685	590	
SC 10005	10	26/5,5	41/6,5	7100	1535	
SFP 4—11	11	27/6	38/7	4000	1600	Stîlpi de folosință comună
SF 8—11	11	21,5/5,5	38/8	8000	1610	Idem
IL 5,10	5,1	12/4,5	19,5/5	350	225	Stîlpi pentru iluminat public
SI 9	9	12/4,5	21/5	945	430	Idem
SCP 15004	12	18/5	30/5,5	2320	1110	
SCP 15006—92	9,2	26,8/5,1	36/5,5	2650	1045	
SCP 15006—120	12	24/5	36/5,5	3450	1280	
SCP 15007	14	18/5	32/5,5	4210	1220	
SCP 10001	10	15/4,5	25/5	800	610	
SCP 10002	10	24/5	34/5,5	2340	1045	

6.3.4. Stîlpi din beton armat vibrat precomprimat pentru *LEA* de medie şi joasă tensiune

Tabelul 6.9

Stîlpii din beton armat vibrat precomprimat pentru *LEA* de medie şi joasă tensiune

Tipul stîlpului	Lungimea [m]	Dimensiunile [cm]		Momentul capabil [daN·m] pe direcţia		Masa [kg]
		la vîrf	la bază	Principală	Secundară	
SE 1A	12,1	15/15	25,5/36	2200	1100	965
SE 2A	14,5	15/15	27,5/40	2875	1437	1220
SE 4	10	15/15	23,5/32,5	1890	655	745
SE 5	11,2	19/19	27,5/45	3960	1560	1200
SE 6	12	25/25	33,5/59	11300	3350	2250
SE 7	14	25/25	35/65	12780	3930	2750
SE 8	12	30/30	47/72,5	18200	6330	3200
SE 9	14	30/30	50/80	22050	7800	3950
SE 10	10	25/25	32/53,5	6930	3100	1820
SE 11	10	30/30	44,5/65,5	13100	5710	2500
SE 12	11,2	19/19	27,5/45	5410	1350	1200

6.4. Coronamente şi console pentru LEA de medie tensiune

Se utilizează următoarele tipuri de coronamente (NTR 137—84—MEE):

— coronament orizontal simplu şi dublu circuit pentru liniile cu izolaţie rigidă (izolatoare tip IsNs 20 la susţinere şi ITfs 60/6 la întindere) conductoare Al—01 50/8 şi 70/12, în zone cu grad de poluare *I* şi *II*;

— coronament deformabil pentru linii simplu circuit cu izolaţie elastică (izolatoare tip CTS 60—1) conductoare Al—01 50/8, 70/12 şi 120/21 pentru toate zonele de poluare (*I—IV*);

— coronament dezaxat pentru linii simplu circuit cu izolaţie rigidă, conductoare Al-01 50/8 şi 70/12 în zone în care se impun culoare foarte înguste şi cu grad de poluare *I* şi *II*;

— coronament izolaţie eleastică pentru linii dublu circuit echipate cu izolatoare tip CTS 60-1, conductoare 01—Al 50/8, 70/12 şi 120/21, pentru toate zonele de poluare. (*II—IV*).

Redăm mai jos caracteristicile principale ale consolelor utilizate pentru aceste tipuri de coronamente.

6.4.1. Coronament orizontal

Se folosesc consolele:

— consolă pentru coronament orizontal de susţinere, simplu circuit, tip CSO 1100 (1385), (fig. 6.10);

— consolă pentru coronament orizontal de întindere și terminal, simplu circuit, tip CIT 140 (fig. 6.11);

— console pentru coronament orizontal, de susținere, dublu circuit, tip CS: consolă superioară CSI și consolă inferioară CS II (fig. 6.12);

— console pentru coronament orizontal de întindere și terminal, tip CI: consolă superioară CI—I și consolă inferioară CI—II (fig. 6.13);

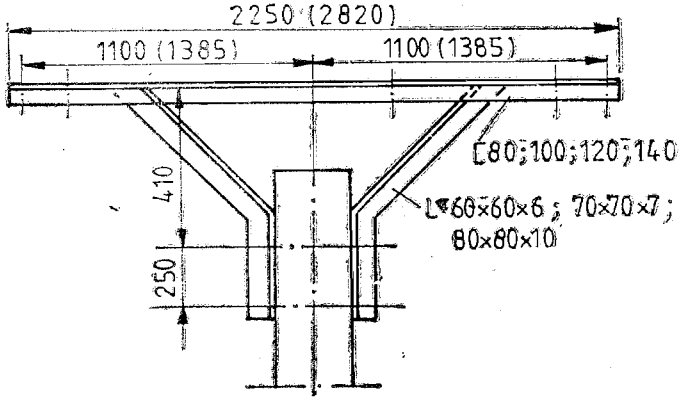


Fig. 6.10. Consolă pentru coronament orizontal de susținere, simplu circuit — CSO 1100/1385.

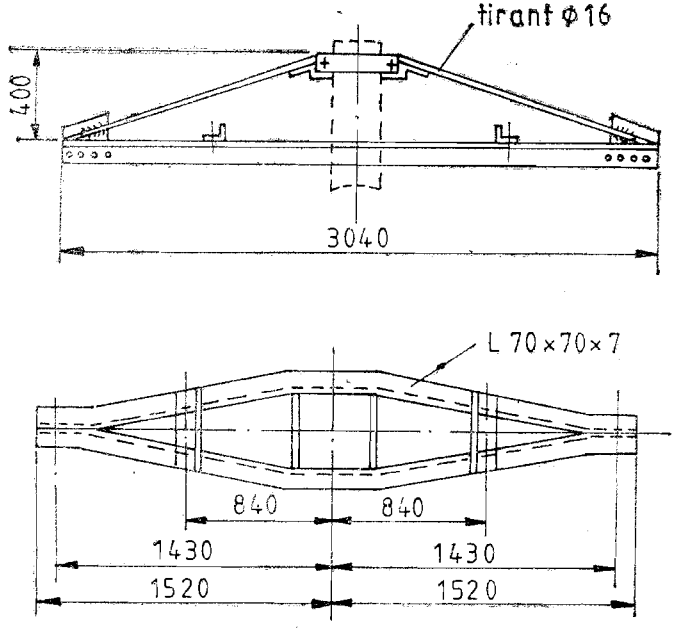


Fig. 6.11. Consolă pentru coronament orizontal de întindere și terminal, simplu circuit — CIT 140.

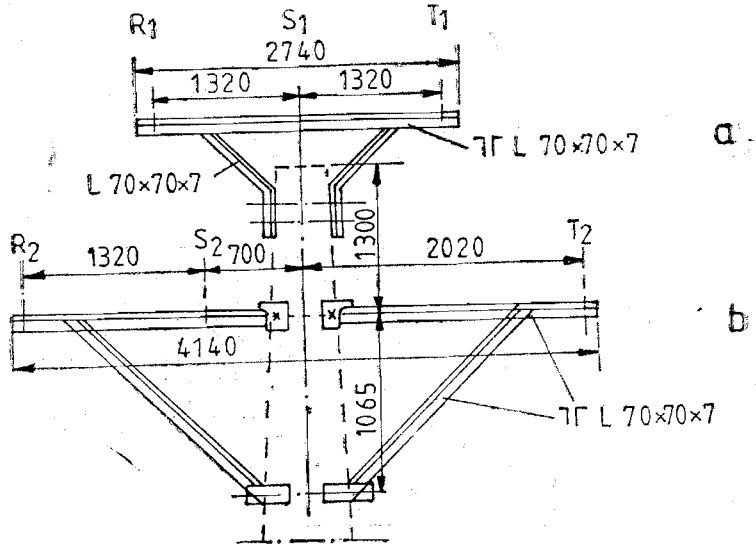


Fig. 6.12. Console pentru coronament orizontal de susținere dublu circuit: *a* — consolă superioară CS-I; *b* — consolă inferioară CS-II.

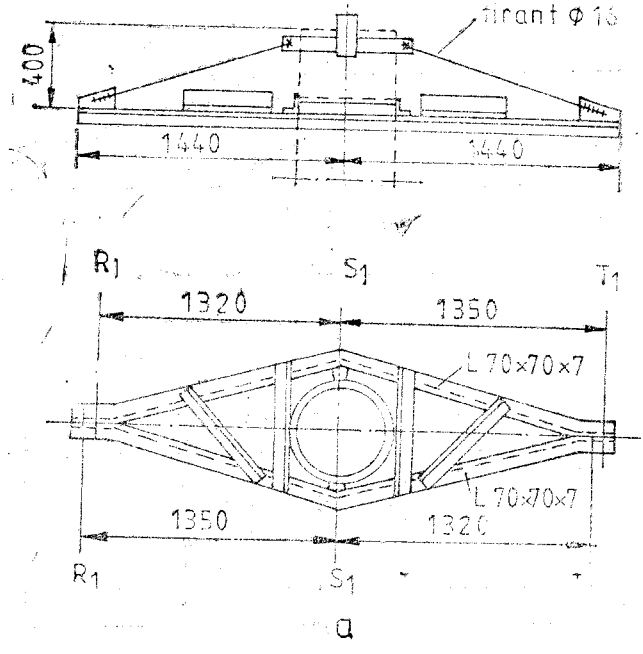


Fig. 6.13. Console pentru coronament orizontal de întindere și terminal, dublu circuit: *a* — consolă superioară CI-I;

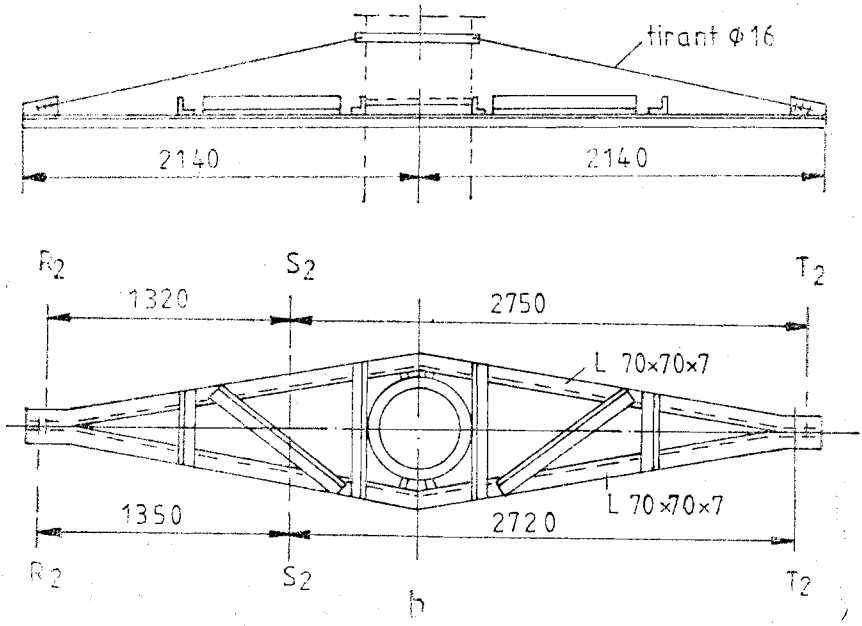


Fig. 6.13. *b* — consolă inferioară CI-II.

6.4.2. Coronament deformabil

— Consolă pentru coronament deformabil de susţinere, simplu circuit, tip CIE (fig. 6.14).

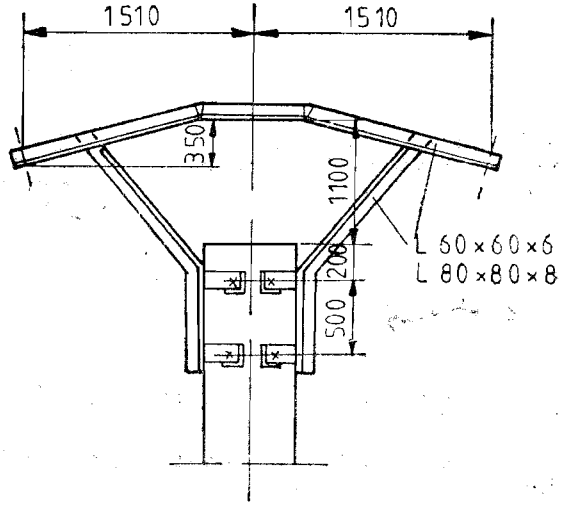


Fig. 6.14. Consolă pentru coronament deformabil de susţinere, simplu circuit — CIE.

6.4.3. **Coronament dezaxat :**

— consolă pentru coronament dezaxat de susținere, simplu circuit, tip CDS (fig. 6.15) ;

— console pentru coronament dezaxat de întindere, simplu circuit, tip CDI (fig. 6.16).

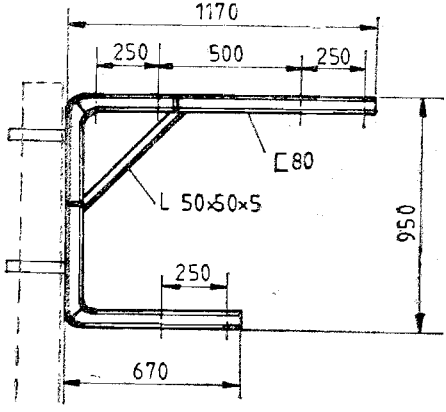


Fig. 6.15. Consolă pentru coronament dezaxat de susținere, simplu circuit — CDS.

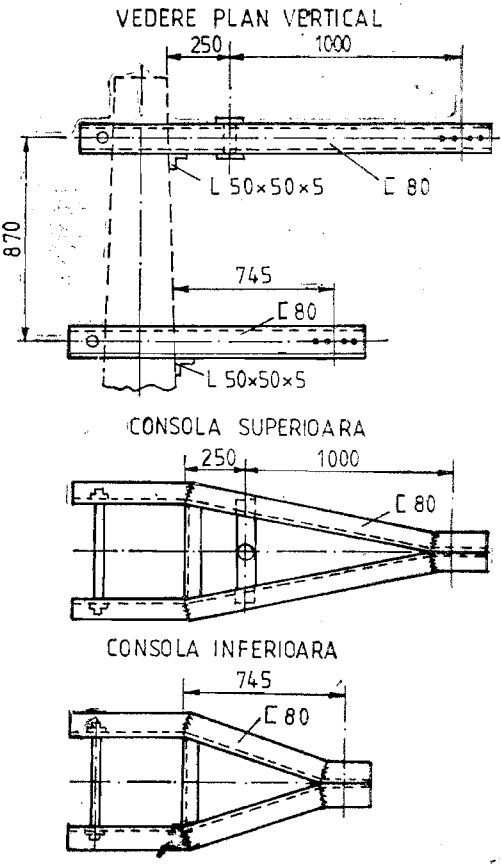


Fig. 6.16. Console pentru coronament dezaxat de întindere, simplu circuit — CDI.

6.4.4. **Coronament elastic :**

— Console pentru coronament elastic, de susținere, dublu circuit, tip CDC (fig. 6.17) ;

— Console pentru coronament elastic, de întindere, dublu circuit, tip CI (fig. 6.18) ;

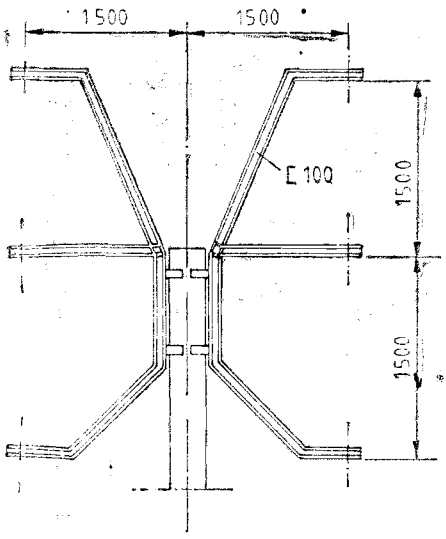


Fig. 6.17. Console pentru coronament elastic, dublu circuit, de susținere — CDC.

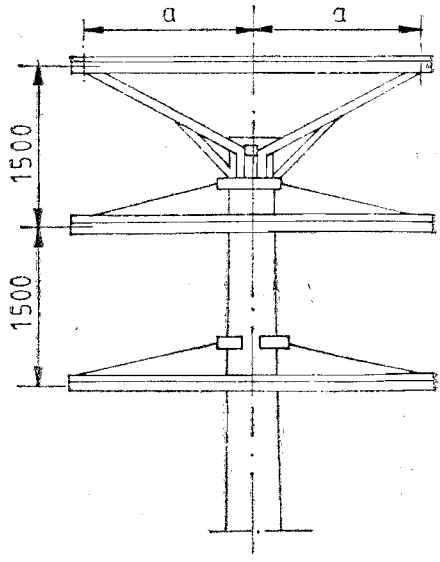


Fig. 6.18. Console pentru coronament elastic, dublu circuit, de întindere (CI) sau terminale (CT): $a = 1600$ mm pentru console de întindere; $a = 1500$ mm pentru console terminale.

— Console pentru coronament elastic, terminale, dublu circuit, tip CT (fig. 6.18).

6.4.5. Consolă pentru derivație

— Consolă de derivație, tip CDV 550 (fig. 6.19).

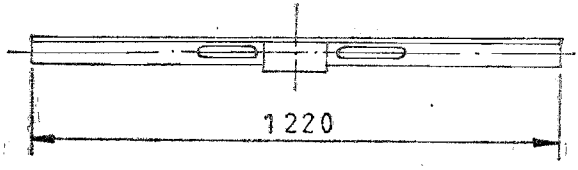


Fig. 6.19. Consolă de derivație — CDV 550.

Fiecare din consolele menționate se execută în mai multe variante, dimensiunile de prindere fiind adaptate la tipurile de stîlpi sau tronsoane de stîlpi pe care se montează (tabelul 6.10).

Tabelul 6.19

Coronamentele *LEA* de medie tensiune și variantele de console

Tipul coronamentului	Variantele de console	Efortul orizontal [daN]	Efortul vertical [daN]
Susținere, orizontal, simplu circuit CSO 1100 (1385)	CSO 1100—TCP 15006—92	136	200
	CSO 1100—TCP 15006—120	198	144
	CSO 1100—TC 15007	101	150
	CSO 1100—SE 5 T	117	172
	CSO 1100—SE 1 a T	61	150
	CSO 1100—SE 4 T	59	145
	CSO 1385—TCP 15006—120	102	256
	CSO 1385—TC 15007	106	260
	CSO 1385—SE 5 T	122	285
Întindere și terminal, orizontal, simplu circuit CIT 140	CIT 140—SE 6 T M; SE 7 T M; SE 10 T CIT 140—SE 8 T; SE 9 T; SE 11 T CIT 140—TC 15014; TC 15015 CIT 140—TC 15014—105 CIT 140—T 1187—1	1125	300
Susținere, orizontal, dublu circuit CSI, *II*	CSI—TC 15014; TC 15015 CSI—SE 6 T M; SE 7 T M	282	146
	CS II—TC 15014; TC 15015 CS II—SE 6 T M; SE 7 T M	202	296
Întindere și terminal, orizontal, dublu circuit CI *I, II*	CI I—SC 12—2200 CI I—SC 18—1300 CI I—SC 12—3100	1100	300
	CI II—SC 12—2200 CI II—SC 18—1300 CI II—SC 12—3100	1100	300
Susținere, deformabil, simplu circuit CIE	C I E—SE 5 T	190	115
	C I E—TCP 15006—120	215	100
	C I E—TCP 15006—92	220	105
	C I E—TCP 15007	180	125
	C I E—SE 4 T	217	110
	C I E—SE 1 a T	150	60
Susținere, dezaxat, simplu circuit CDS	CDS—SE 1; SE 2; SE 4 CDS—SE 5; SE 12 CDS—SCP 15006 CDS—SCP 15004; SCP 15007	220	200
Întindere, dezaxat, simplu circuit CDI	CDI—SE 6; SE 7 CDI—SE 8; SE 9 CDI—SC 15014; SC 15015 CDI—SC 15016	1125	175
Susținere, elastic, dublu circuit CDC *I, II*	CDCI—SE 6 T M; SE 7 T M	191	123
	CDCI—SC 15014; SC 15015	191	123
	CDC II—SE 6 T M; SE 7 T M	194	77
Întindere, elastic, dublu circuit CI—*I, II, III*	CI—I, II, III—SC 12—2200 CI—I, II, III—SC 12—3100 CI—I, II, III—SC 12—1300	1000	350
Terminal, elastic, dublu circuit CT—*I, II, III*	CT—I, II, III—SC 12—2200 CT—I, II, III—SC 12—3100 CT—I, II, III—SC 12—1300	1125	175
Derivație CDV	CDV 550—TCP 15006—92 CDV 550—TCP 15006—120 CDV 550—TC 15007 CDV 550—SE 1 a T CDV 550—SE 4 T CDV 550—SE 5 T	50	65

6.5. Coronamente, console și suporți pentru *LEA* de joasă tensiune

Așezarea conductoarelor neizolate pe stîlpii LEA de joasă tensiune se face pe coronamente de tip vertical, (fig. 6.20, a, *b*) sau orizontal (fig. 6.20, *c*, *d*).

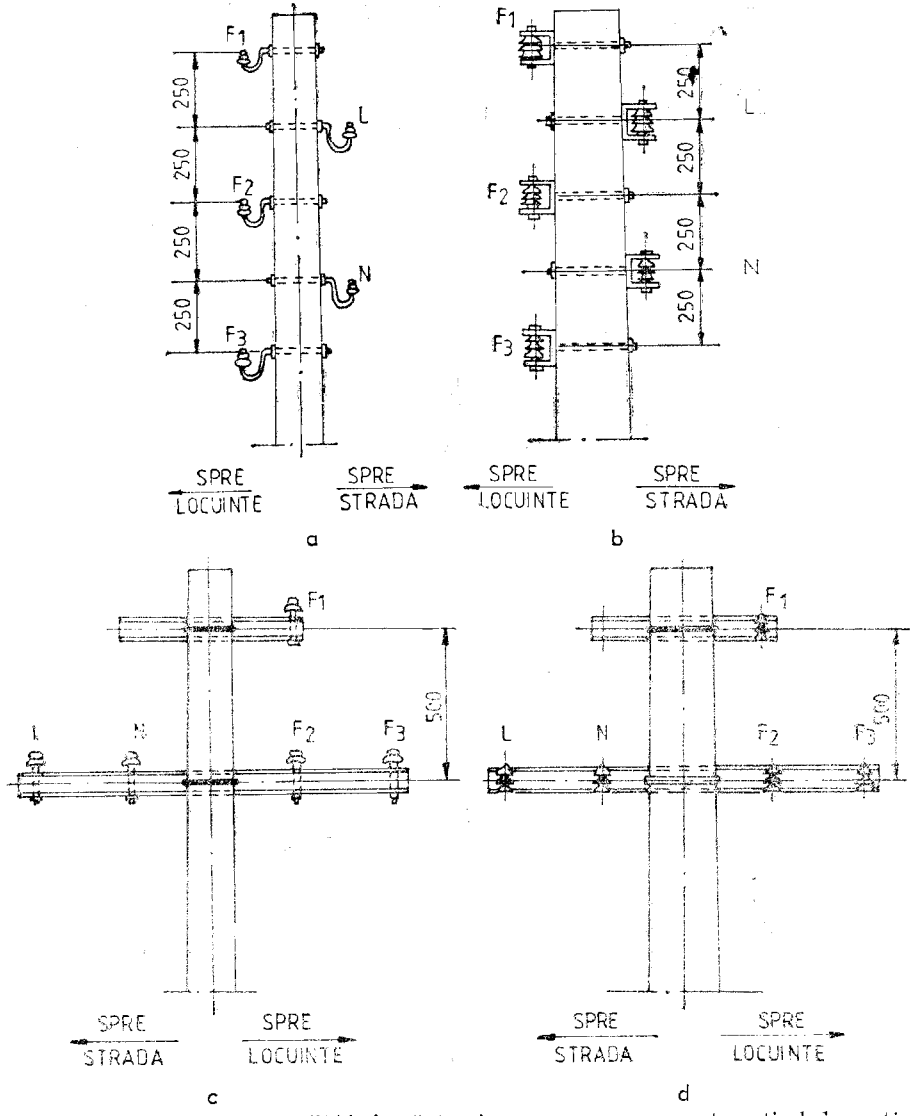


Fig. 6.20. Coronamente pentru LEA joasă tensiune: *a* — coronament vertical de susținere în aliniament sau colț; *b* — coronament vertical de întindere în aliniament sau colț; *c* — coronament orizontal de susținere în aliniament sau colț; *d* — coronament orizontal de întindere în aliniament sau colț; F1, F2, F3 — cele trei faze pentru iluminat particular; L — faza pentru iluminat public; N — conductorul de nul (poate fi montat și direct pe consolă, fără izolator, prin intermediul unei cleme CA).

6.5.1. **Consolă orizontală pentru două izolatoare** (fig. 6.21 și tabelul 6.11)

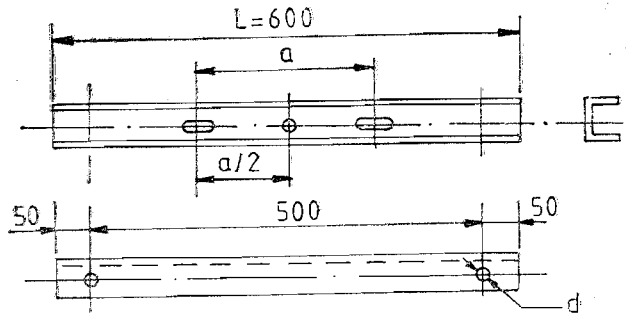


Fig. 6.21. Consolă orizontală pentru două izolatoare.

Tabelul 6.11

Console orizontale cu două izolatoare pentru *LEA* joasă tensiune

Denumirea consolei	Simbolul	Tipul profilului	*L* [mm]	*a* [mm]	*d* [mm]	Masa [kg]
Consolă orizontală de susținere (zona meteo *I* și *II*)	C 2S u	Ui 40×50×3	600	210	21	1,80
Consolă orizontală de susținere cu distanța *a* mărită (zona meteo *I* și *II*)	C 2S Um			300		
Consolă orizontală de susținere (întindere) în colț și de tracțiune (zona meteo *I* și *II*)	C 2 T u	Ui 80×50×3	600	210	18	2,37
Consolă orizontală de susținere (întindere) în colț și de tracțiune cu distanța *a* mărită (zona meteo *I* și *II*)	C 2 T um			300		

6.5.2. **Consolă orizontală pentru patru izolatoare** (fig. 6.22 și tabelul 6.12)

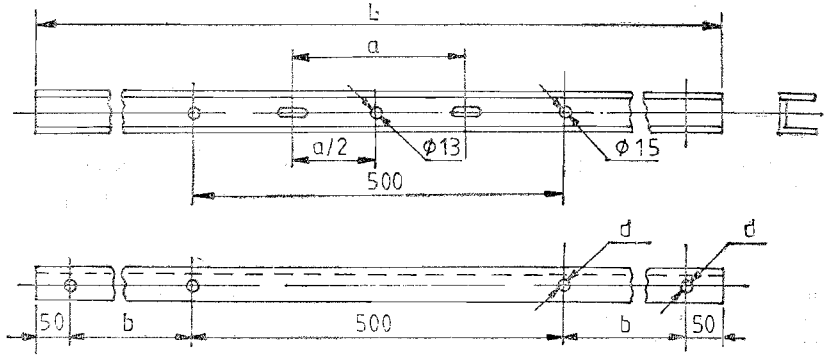


Fig. 6.22. Consolă orizontală pentru patru izolatoare.

Tabelul 6.12

Consolele orizontale cu patru izolatoare pentru *LEA* joasă tensiune

Denumirea consolei	Simbolul	Tipul profilului	*L* [mm]	*a* [mm]	*b* [mm]	*d* [mm]	Masa [kg]
Consolă orizontală de susţinere, zona meteo *I (II)*	C 4 Su I C 4 Su II	Ui 40×50×3	1600 (1280)	210	500 (340)	21	4,80 (3,84)
Consolă orizontală de susţinere cu distanţa *a* mărită, zona meteo *I (II)*	C 4 Sum I C 4 Sum II	Ui 40×50×3	1600 (1280)	300	500 (340)	21	4,80 (3,84)
Consolă orizontală de susţinere în colţ zona meteo *I (II)*	C 4 SCu I C 4 SCu II	Ui 80×50×3	1600 (1280)	210	500 (340)	18	6,35 (5,07)
Consolă orizontală de susţinere în colţ cu distanţa *a* mărită, zona meteo *I (II)*	C 4 SCum I C 4 SCum II	Ui 80×50×3	1600 (1280)	300	500 (340)	18	6,35 (5,07)
Consolă orizontală de tracţiune, zona meteo *I (II)*	C 4 Tu I C 4 Tu II	Ui 80×80×5	1600 (1280)	210	500 (340)	18	13,82 (11,06)
Consolă orizontală de tracţiune cu distanţa *a* mărită, zona meteo *I (II)*	C 4 Tum I C 4 Tum II	Ui 80×80×5	1600 (1280)	300	500 (340)	18	13,82 (11,06)

6.5.3. **Brățări pentru stîlpi de beton** (fig. 6.23 și tabelul 6.13)

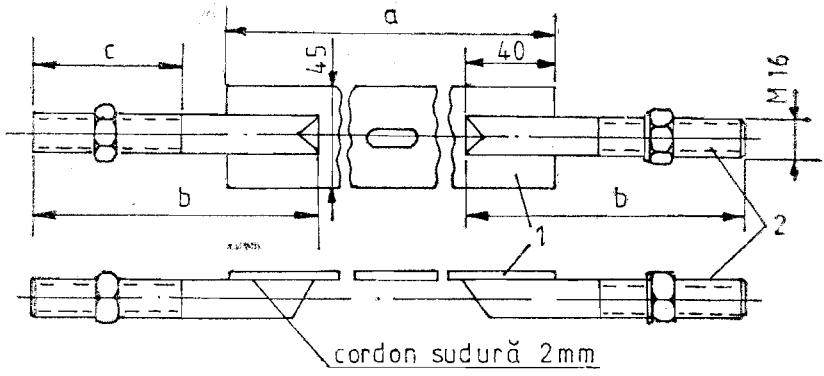


Fig. 6.23. Brățară pentru stîlpi de beton:
1 — brățară 45 × 3 mm; *2* — tijă filetată Ø 16 mm.

Tabelul 6.13

Brățările pentru stîlpii de beton

Varianta	Tipul stîlpului	*a* [mm]	*b* [mm]	*c* [mm]
I	SE 4; SCP 10001	440	120	70
II	SE 5	560	120	70
III	SC 10005; SCP 10002	610	120	70
IV	SE 10 T; SE 11 T	860	180	100

6.5.4. **Suporți drepți pentru izolatoare de joasă tensiune tip N 87 și N 97** (fig. 6.24 și tabelul 6.14)

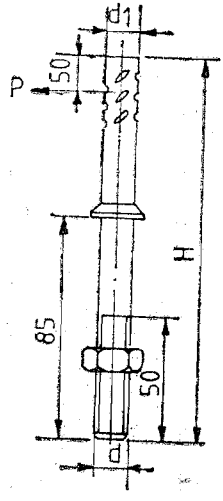


Fig. 6.24. Suport drept pentru izolatoare de joasă tensiune tip N 87 și N 97 (forjat sau sudat).

Tabelul 6.11

Suporții drepți pentru izolatoarele de joasă tensiune tip N 87 și N 97

Simbolul suportului	Dimensiunile [mm]			Tracțiunea P pe izolator [daN]	Masa [kg]
	H	d	d_1		
Sd N 87	175	M16	16	70	0,644
Sd N 97	185	M20	20	140	0,966

6.5.5. Suporți curbi pentru izolatoare de joasă tensiune tip N 87 și N 97:

— pentru stîlpi de beton (fig. 6.25);
— pentru stîlpi de lemn (fig. 6.26).

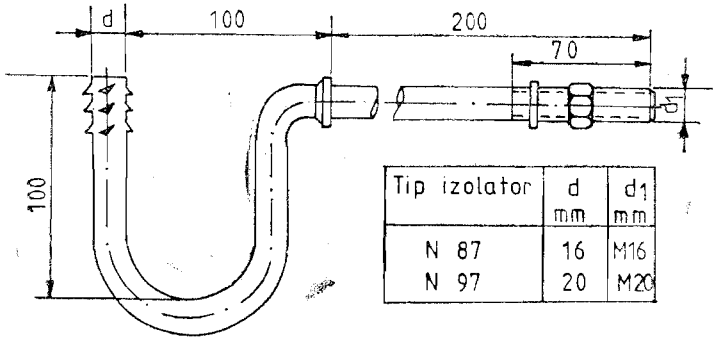
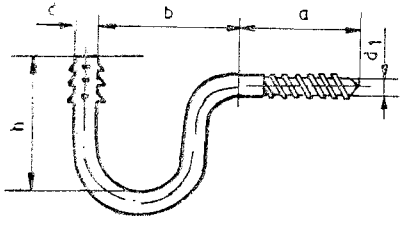


Fig. 6.25. Suport curb pentru izolatoare de joasă tensiune tip N 87 și N 97 pentru stîlpi de beton.



Tip Izolator	a mm	b mm	h mm	d mm	d1 mm
N 87	75	100	100	16	13
N 97	95	110	105	20	16

Fig. 6.26. Suport curb pentru izolatoare de joasă tensiune tip N 87 și N 97 pentru stîlpi de lemn.

6.5.6. Suport pentru izolatoare de tracțiune de joasă tensiune (fig. 6.27)

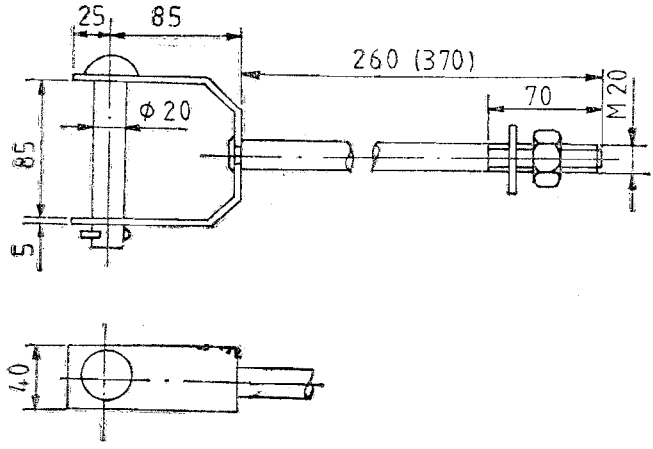


Fig. 6.27. Suport pentru izolatoare de tracțiune de joasă tensiune.

6.5.7. Consola de susținere CS 300 pentru conductoare torsadate (fig. 6.28)

Se întrebuințează la legăturile de susținere în aliniament la rețelele cu conductoare torsadate întinse pe stîlpi. De a se agață armătura de susținere (v. § 5.11.1).

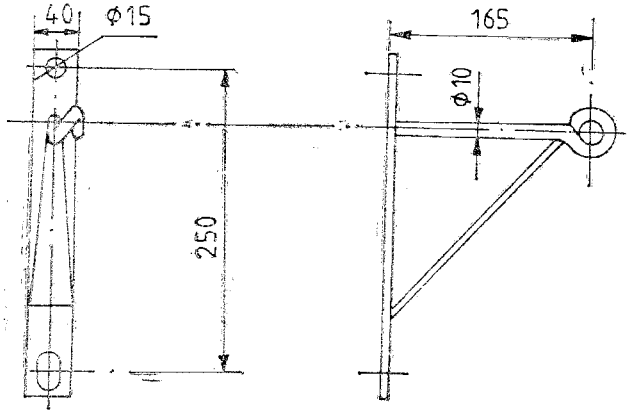


Fig. 6.28. Consolă de susținere — CS 300.

Se protejează prin zincare.
Masa: 0,828 kg.
Forța admisibilă: 300 daN.

Consola de susținere se fixează pe stîlpii de beton vibrați cu ajutorul tijei filetate TF 1000. Aceasta are diametrul de 14 mm și o lungime în funcție de tipul stîlpului pe care se montează, astfel:

l = 210 mm pentru stîlpii SE 3 și SE 4;
l = 310 mm pentru stîlpul SE 10;
l = 360 mm pentru stîlpul SE 11.

Tija filetată are o forță admisibilă de 1100 daN.

6.5.8. **Console de susținere cu brățară CSB 300 pentru conductoare torsadate** (fig. 6.29)

Servește la susținerea armăturilor de susținere pe stîlpii centrifugați neprevăzuți cu găuri.

Se compune din consola propriu zisă din OL 37 Ø 10 și brățara de prindere pe stîlp din OL 37 — 40 × 4.

Se execută în 3 variante în funcție de stîlpul pe care se montează (tabelul 6.15).

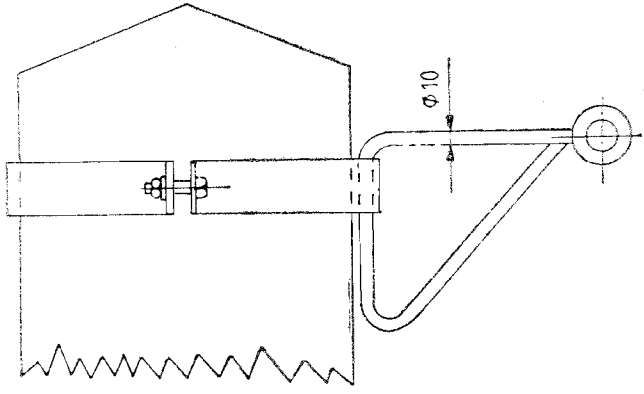


Fig. 6.29. Consolă de susținere cu brățară — CSB-300

Tabelul 6.15

Consolele de susținere cu brățară CSB 300

Tipul stîlpului	Diametrul brățării [mm]	Masa [kg]
SCP 10001	160	1,34
SCP 10002	250	1,73
SC 10005	265	1,85

Forța admisibilă: 300 daN.

6.5.9. **Ansamblu de prindere pe stîlp AU 750** (fig. 6.30)

Servește la prinderea pe stîlp a fasciculului de conductoare torsadate în punctele de întindere, de derivație sau terminale.

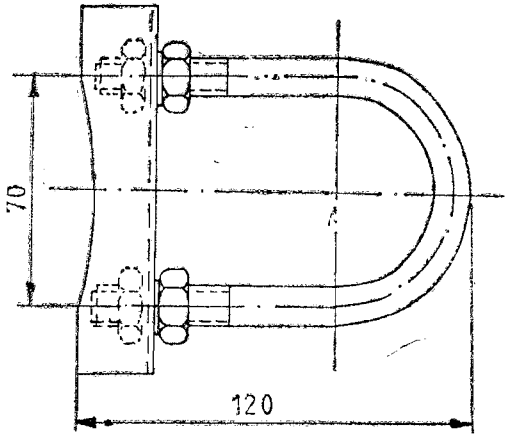


Fig. 6.30. Ansamblu de prindere pe stîlp — AU-750.

Se fixează pe stîlp prin intermediul unei tije filetate sau cu o brățară dimensionată pentru stîlpul SE 6, SE 8 sau SC 10005.

Se protejează prin zincare.

Forța admisibilă: 750 daN.

Masa: 0,71 kg.

6.6. **Ancore pentru stîlpi de medie și de joasă tensiune** (fig. 6.31)

Se folosesc ancore de 25 și 40 kN la joasă tensiune și de 25, 40, 60 80 kN la medie tensiune.

La stîlpii pentru *LEA* 20 kV dublu circuit se folosesc ancore de 360 kN.

6.7. **Elemente privind calculul stîlpilor**

6.7.1. **Distanțe minime admisibile**

6.7.1.1. **Distanța între conductoare**

Distanța minimă între conductoarele active, precum și între acestea și conductoarele de protecție, în poziții nedeviate, se stabilește la *LEA* cu $U_n > 1$ kV conform PE 104—85 cu ajutorul relației:

$$d = k\sqrt{f + l_i} + U_n/150 \text{ [m]};$$

f — săgeata maximă a conductorului în deschidere [m], determinată în ipotezele:

— temperatura maximă, fără vînt și fără chiciură;

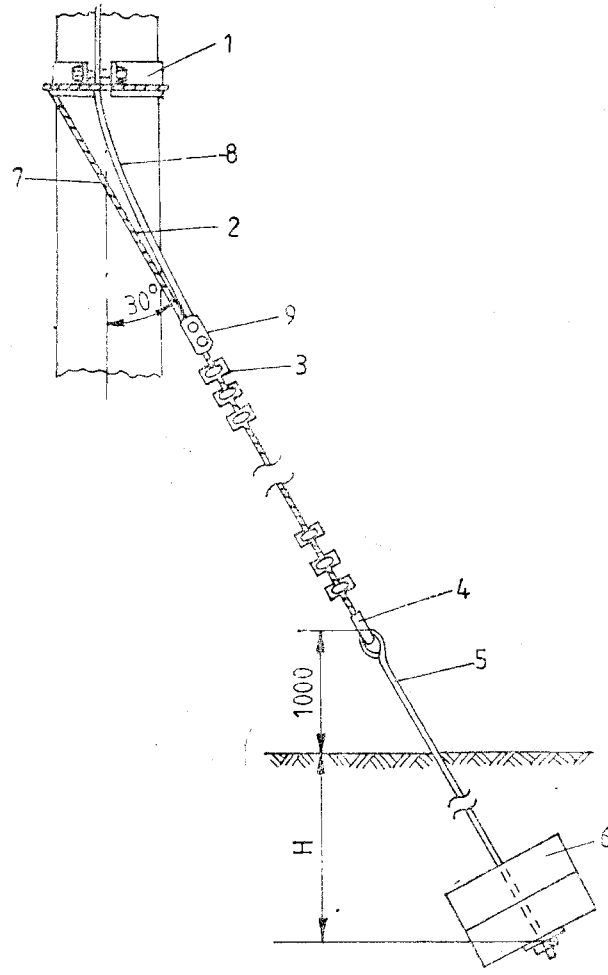


Fig. 6.31. Ancoră pentru stîlpi LEA de medie sau joasă tensiune: *1* — placă de protecție cu cîrlig pentru ancoră (dimensiunile în funcție de tipul stîlpului); *2* — cablu de ancorare din oțel (9—1 × 19 pentru ancore de 25 kN; 11,25—1 × 19 pentru ancore de 40 kN; 14—1 × 19 pentru ancore de 60 kN; 16—1 × 19 pentru ancore de 80 kN); *3* — clemă de presiune; *4* — rodantă potcoavă; *5* — tijă de ancoraj cu ochi; *6* — placă de fundație din beton prefabricat Ø 1500 × 300; *7* — bandă Al 10 × 1 (în zona de contact cu stîlpul); *8* — conductor funie Al-50 (numai la LEA joasă tensiune pentru legarea la conductorul de nul); *9* — clemă CLE-1 A; *H* — adîncime de îngropare în funcție de tipul stîlpului și de natura terenului.

— temperatura de —5 °C cu chiciură depusă, fără vînt; l_i — lungimea lanțului de izolatoare [m]; (aceasta se conideră zero la lanțurile de întindere, de susținere montate în V și pentru izolatoarele suport); U_n — tensiunea nominală a liniei [kV]; k — coeficient ce depinde de tensiunea nominală a liniei, de materialul și se secțiunea conductoarelor și de modul de așezare a lor pe stîlpi; la așezarea în plan orizontal a conductoarelor coeficientul k ia valoarea k_h, iar la așezarea în plan vertical ia valoarea k_v (tabelul 6.16).

Pentru o așezare oarecare a conductoarelor (fig. 6.32) *coeficientul k* se determină cu relația:

$$k = k_h + (k_v - k_h)\frac{b^2}{a^2 + b^2}.$$

În cazul în care: $a = b$:

$$k = \frac{k_h + k_v}{2}.$$

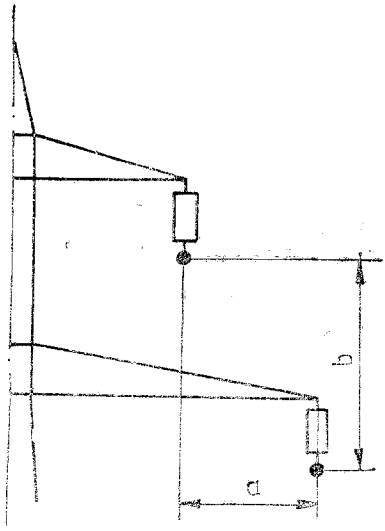


Fig. 6.32. Distanțele a și b pentru determinarea coeficientului k.

Tabelul 6.16

Valorile coeficienților k_v și k_h

Oțel [mm²]	Aluminiu și aliaje de aluminiu [mm²]	Aluminiu oțel [mm²]	k_v		k_h	
			$U_n<110$ kV	$U_n\geq110$ kV	$U_n<110$ kV	$U_n\geq110$ kV
10—16	16—150	16— 70	0,85	0,95	0,65	0,70
25—35	>150	95—150	0,75	0,85	0,62	0,65
70—95	—	185—300	0,70	0,75	0,60	0,62
95	—	>300	0,70	0,70	0,60	0,60

Pentru conductoare de secțiuni diferite, de materiale diferite sau cu săgeți diferite trebuie să se verifice distanța d dintre conductoare în ipoteza că primul conductor este supus presiunii maxime a vîntului iar al doilea le presiunea unui vînt cu o viteză mai mică cu 20 % decît primul. În această ipoteză distanța între conductoare trebuie să fie mai mare decît $U_n/150$, însă nu mai mică de 0,2 m.

În afară de cele de mai sus, la așezarea conductorului de protecție trebuie să se țină seama de unghiul de protecție, care în mod obișnuit are valori între 20° și 30°.

Pentru liniile de joasă tensiune cu conductoare neizolate *distanțele între conductoare* sînt stabilite prin PE 106—83, astfel:

— în zona metcorologică *I*: pe verticală 50 cm și pe orizontală 50 cm;

— în zona meteorologică *II*: pe verticală 50 cm și pe orizontală 34 cm.

În cazul unei linii de joasă tensiune cu conductoare neizolate și un circuit cu conductoare torsadate, distanța minimă între acestea este de 30 cm.

6.7.1.2. **Distanța între părțile aflate sub tensiune și părțile legate la pămînt ale stîlpilor**

Pentru *LEA* cu $U_n > 1$ kV distanțele minime admisibile sînt arătate în tabelul 6.17.

Tabelul 6.17

Distanțele minime admisibile dintre părțile aflate sub tensiune și părțile legate la pămînt, pe stîlpi [cm]

Condiția climato-meteorologică	Tensiunea nominală U_n a liniei [kV]			
	$1 < U_n \leqslant 20$	110	220	400
Temperatura medie, viteza vîntului 0—10 m/s	25	90	180	290
Temperatura medie, viteza vîntului maximă	10	40	60	100

Punctele de apropiere maximă a conductoarelor de stîlpi sînt cele din jurul lanțurilor de susținere și al cordoanelor de legătură la stîlpii de întindere, în cazul devierii acestora sub acțiunea vîntului (fig. 6.33, *a*, *b*).

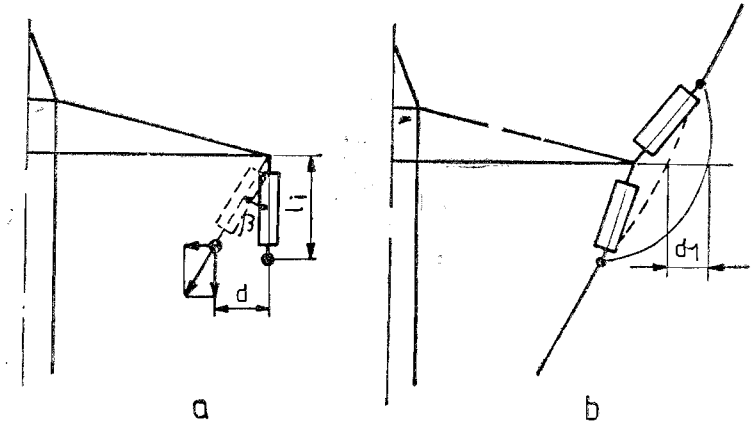


Fig. 6.33. Devierea conductorului sub acțiunea vîntului: *a* — stîlp de susținere; *b* — stîlp de întindere.

Distanța d se obține folosind relațiile:

$$d = l_i \sin \beta\,; \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{g_{vc} + g_{vi}/2}{G_c + G_i/2}\,;$$

l_i — lungimea lanțului de izolatoare [m]; β — unghiul de înclinare a lanțului de izolatoare; g_{vc} — încărcarea rezultată din presiunea vîntului pe conductor, considerat pe deschiderea a (jumătate din deschiderea de pe o parte a stîlpului și jumătate de cealaltă parte), [daN); g_{vi} — încărcarea rezultată din presiunea vîntului pe lanțul de izolatoare de susți-

nere, (pentru g_{vc} și g_{vi} v. § 1.1.5) ; G_c — greutatea conductorului ; G_i — greutatea lanțului de izolatoare.

Pentru *LEA* de joasă tensiune distanța minimă admisibilă între conductor și stîlp este de 5 cm.

6.7.1.3. Distanțe minime între faze la încrucișări pe stîlpi

Tabelul 6.18

Distanțele minime admisibile dintre faze la încrucișări pe stîlpi [cm]

Condițiile de calcul	Tensiunea nominală U_n a liniei [kV]				
	6	20	110	220	400
Temperatura medie, viteza vîntului maximă	20	20	60	110	180
Temperatura medie, viteza vîntului 0—10 m/s	30	40	135	250	350

6.7.1.4. Distanțe minime între conductoare la *LEA* de joasă tensiune pe stîlpi comuni cu *LEA* medie tensiune

Întotdeauna linia de medie tensiune se montează deasupra liniei de joasă tensiune.

Distanța minimă de la conductorul inferior al liniei de medie tensiune la conductorul superior al liniei de joasă tensiune este :

2 m la deschideri între stîlpi mai mici sau egale cu 40 m ;
2,5 m la deschideri între stîlpi mai mari de 40 m ;
2 m pentru conductoare torsadate.

Aceste distanțe se verifică la — 5 °C (medie tensiune cu chiciură și joasă tensiune fără chiciură) și la + 40 °C.

6.7.1.5. Distanțe minime admisibile de la conductoarele *LEA* la suprafața solului

Pentru *LEA* cu $U_n > 1$ kV aceste distanțe sînt arătate în tabelul 6.19.

Tabelul 6.19

Distanțele minime admisibile de la conductoarele *LEA* pînă la suprafața terenului [m]

Caracteristicile zonei traversate de linie	Tensiunea nominală a liniei U_n [kV]			
	$1 < U_n \leq 20$	110	220	400
Zone în afara zonelor locuite, accesibile transporturilor și mașinilor agricole, exceptînd drumurile de categoria *I—IV*	6	6	7	8
Zone accesibile numai circulației pedestre	4,5	5	6	7

În zonele accidentate, distanțele minime admise de la conductoarele *LEA* deviate sub acțiunea vîntului la elemente ale terenului sînt date în tabelul 6.20.

Tabelul 6.20

Distanțele minime admisibile dintre conductoarele *LEA* deviate sub acțiunea vîntului și elementele terenului din zonele accidentate [m]

Caracteristicile zonei traversate de linie	Tensiunea nominală a liniei U_n [kV]			
	$1 < U_n \leq 20$	110	220	400
Zone accesibile numai circulației pedestre	4,5	5	6	7
Zone neaccesibile circulației pedestre (stînci abrupte, faleze)	2,5	3	4	5

Pentru LEA de joasă tensiune cu conductoare neizolate *distanțele minime admise pe verticală* de la conductoare la sol, în cazul săgeții maxime, sînt :

6 m în zone protejate ;
5 m în zone neprotejate ;
4 în zone greu accesibile pentru pietoni și vehicule (pante abrupte, mlaștini) ;
2,5 m în zone inaccesibile pietonilor (munți).

Pentru LEA de joasă tensiune cu conductoare torsadate distanța minimă la sol este de 4 m.

Toate distanțele de mai sus trebuie respectate în regimul normal de funcționare a liniei, conductorul aflîndu-se în ipoteza care conduce la săgeata cea mai mare.

6.7.2. Ipoteze de dimensionare a stîlpilor

Pentru calculul și dimensionarea stîlpilor se au în vedere încărcările ce pot interveni în regim normal de funcționare, în regim de avarie și în condiții de montaj, ținînd seama și de tipul funcțional și constructiv al stîlpului.

În regim normal de funcționare se consideră că linia este echipată cu toate conductoarele și este supusă agenților atmosferici externi (temperatura, vîntul, chiciura).

În regim de avarie se consideră că o parte din conductoare sînt rupte într-una din deschiderile adiacente stîlpului.

În condiții de montaj se au în vedere încărcările suplimentare datorate greutății monteurului și a sculelor, precum și anumite situații din timpul montajului ce pot genera încărcări suplimentare asupra stîlpului.

La liniile cu $U_n > 1$ kV normativul PE 104/85 prevede :

1) *Pentru regim normal de funcționare următoarele ipoteze de încărcare :*
— temperatura minimă, vîntul și chiciura lipsesc ;
— temperatura medie, vîntul și chiciura lipsesc ;
— temperatura medie, o viteză a vîntului de 10 m/s, chiciura lipsește ;

Tabelul 6.21

Ipotezele de calcul pentru stîlpii *LEA* cu $U_n > 1$ kV

Ipoteza		Factorii meteorologici			Încărcările care acționează asupra stîlpului	Direcția de acționare
		Temperatura	Vîntul	Chiciura		
N 1	a	Medie	Maxim	—	Presiunea vîntului	Orizontală, perpendiculară pe axul liniei sau în direcția bisectoarei unghiului liniei
	b	Medie	—	—	Greutatea stîlpului, izolatoarelor și conductoarelor	Verticală
	c	Medie	—	—	Rezultanta tracțiunilor în conductoare	Orizontală, în direcția bisectoarei unghiului liniei
N 2	a	—5 °C	Mediu	Da	Presiunea vîntului	Idem ca la N 1 a
	b	—5 °C	—	Da	Greutatea stîlpului, izolatoarelor, conductoarelor și chiciurii	Idem ca la N 1 b
	c	—5 °C	—	Da	Rezultanta tracțiunilor în conductoare	Idem ca la N 1 c
N 3	a	Medie	Maxim	—	Idem ca la N 1 a	Orizontală, în direcția axului liniei sau perpendiculară pe bisectoarea unghiului liniei
	b	Medie	—	—	Idem ca la N 1 b	Verticală
	c	Medie	—	—	Idem ca la N 1 c	Orizontală, perpendicula pe bisectoareară unghiului liniei
N 4	a	—5 °C	Mediu	Da	Idem ca la N 2 a	Idem ca la N 3 a
	b	—5 °C	—	Da	Idem ca la N 2 b	Idem ca la N 3 b
	c	—5 °C	—	Da	Idem ca la N 2 c	Idem ca la N 3 c
	a	Medie	Maxim	—	Idem ca la N 1 a	Orizontală, la 45° față de aliniamentul liniei sau de bisectoarea unghiului liniei

N 5	b	Medie	—	—	Idem ca la N 1 b	Verticală
	c	Medie	—	—	Idem ca la N 1 c	Orizontală la 45° față de bisectoarea unghiului liniei
N 6	a	—5 °C	Mediu	Da	Idem ca la N 2 a	Idem ca la N 5 a
	b	—5 °C	—	Da	Idem ca la N 2 b	Idem ca la N 5 b
	c	—5 °C	—	Da	Idem ca la N 2 c	Idem ca la N 5 c
N 7					50% (pentru *LEA* simplu circuit) sau 33% (pentru *LEA* cu două sau mai multe circuite) din încărcările de la N 1 sau N 2 (cea mai defavorabilă)	Orizontală, în direcția axului liniei sau perpendiculară pe bisectoarea unghiului liniei
N 8	a	—5 °C	—	Da	Diferența de 25% între tracțiunile orizontale ale tuturor conductoarelor din panourile adiacente	Idem ca la N 3 a
	b	—5 °C	—	Da	Idem ca la N 2 b	Idem ca la N 1 b
	c	—5 °C	—	Da	Idem ca la N 2 c	Idem ca la N 1 c
N 9	a	Medie	Maxim	—	Idem ca la N 1 a	Idem ca la N 1 a
	b	Medie	—	—	Idem ca la N 1 b	Idem ca la N 1 b
	c	Medie	—	—	Idem ca la N 1 c	Idem ca la N 1 c
	d	Medie	—	—	Tracțiunile orizontale ale tuturor conductoarelor	Idem ca la N 3 a
N 10	a	—5 °C	Mediu	Da	Idem ca la N 2 a	Idem ca la N 1 a
	b	—5 °C	—	Da	Idem ca la N 2 b	Idem ca la N 1 b
	c	—5 °C	—	Da	Idem ca la N 2 c	Idem ca la N 1 c
	d	—5 °C	—	Da	Tracțiunile orizontale ale tuturor conductoarelor	Idem ca la N 3 a
N 11	a	Medie	Maxim	—	Idem ca la N 3 a	Idem ca la N 3 a
	b	Medie	—	—	Idem ca la N 1 b	Idem ca la N 1 b
	c	Medie	—	—	Idem ca la N 1 c	Idem ca la N 1 c
	d	Medie	—	—	Idem ca la N 9 d, încărcările în același sens cu cele de la N 11 a	Idem ca la N 3 a
N 12	a	—5 °C	Mediu	Da	Idem ca la N 2 a	Idem ca la N 3 a
	b	—5 °C	—	Da	Idem ca la N 2 b	Idem ca la N 1 b
	c	—5 °C	—	Da	Idem ca la N 2 c	Idem ca la N 1 c
	d	—5 °C	—	Da	Idem ca la N 10 d	Idem ca la N 3 a

— temperatura medie, viteza maximă a vîntului, chiciura lipseşte;
— temperatura maximă, vîntul şi chiciura lipsesc;
— temperatura de formare a chiciurii şi depuneri de chiciură pe elementele componente ale liniei, vîntul lipseşte;
— temperatura de formare a chiciurii şi depuneri de chiciură pe elementele componente ale liniei, vîntul simultan cu chiciura.

Aceste ipoteze se grupează între ele, formînd un număr de 12 combinaţii, notate în tabelul 6.21 cu N1—N12.

Trebuie avut în vedere că încărcările corespunzătoare alineatelor *a*, *b*, *c* şi *d* ale fiecărei ipoteze se aplică simultan; încărcările de la alineatele *c* şi referirile la bisectoarele unghiurilor se aplică numai la stîlpii de colţ, iar ipotezele N_5 şi N_6 se aplică numai stîlpilor mai înalţi de 60 m.

Ipotezele din tabelul 6.21 *se aplică tipurilor funcţionale de stîlpi astfel:*

— stîlpii de susţinere echipaţi cu izolatoare suport: ipotezele N1, N2, N3, N4, N5, N6 şi N7;
— stîlpii de susţinere echipaţi cu lanţuri de izolatoare: ipotezele N1, N2, N3, N4, N5 şi N6;
— stîlpii de întindere: ipotezele N1, N2, N3, N4 şi N8;
— stîlpii terminali: ipotezele N9, N10, N11 şi N12;

2) *Pentru regim de avarie se consideră o ipoteză de calcul, care prevede următoarele încărcări:*

2.1) *Încărcările orizontale F*, conform tabelului 6.22 acţionînd în lungul liniei sau perpendicular pe bisectoarea unghiului liniei, considerînd pentru stîlpii de susţinere o forţă *F* la fiecare circuit impar, respectiv la fiecare pereche de circuite sau o forţă *F* corespunzătoare unui singur conductor de protecţie, iar la stîlpii de întindere cîte o forţă *F* la fiecare circuit pentru primele două circuite şi cîte o forţă 0,5 *F* la fiecare circuit în plus peste dublu circuit, sau o forţă corespunzătoare unui singur conductor de protecţie.

2.2) *Încărcările verticale* provenind din greutatea stîlpului, a conductoarelor şi a izolatoarelor, cu chiciură, fără vînt.

2.3) *Proiecţia pe bisectoarea unghiului liniei a încărcării F*, plus rezultanta încărcărilor provenind din tracţiunea în conductoarele nerupte, în ipoteza cu chiciură, fără vînt.

În tabelul 6.22 s-a notat:

d_c — diametrul conductorului [mm]; T_c — încărcarea rezultată din tracţiunea orizontală maximă în conductor sau într-unul din conductoarele unui fascicul [daN]; n — numărul conductoarelor pe fază; k_e — coeficientul care ţine seama de efectul de eliberare a conductorului din clemă la o anumită valoare a tracţiunii în conductor [daN/mm]; ($k_e = 25$ pentru stîlpii LEA cu $U_n \leq 110$ kV; $k_e = 50$ pentru stîlpii LEA cu $U_n > 110$ kV); $k_s = 0{,}65$ — coeficientul care ţine seama de efectul de înclinare a lanţului de izolatoare de susţiuere în lungul liniei; k_n — coeficientul care ţine seama de numărul conductoarelor pe fază ($k_n = 1$ pentru $n = 1$; $k_n = 0{,}8$ pentru $n = 2$; $k_n = 0{,}7$ pentru $n = 3$; $k_n = 0{,}6$ pentru $n = 4$).

Se face observaţia că stîlpii de susţinere echipaţi cu izolatoare suport nu se verifică în regim de avarie; la aceşti stîlpi încărcarea care se transmite stîlpului la ruperea conductorului nu trebuie să depăşească 65% din încărcarea la vîrf echivalentă momentului de rupere a stîlpului în lungul liniei, rezultată din dimensionarea conform ipotezei N7.

Tabelul 6.22

Determinările forței F care acționează asupra stîlpilor în regim de avarie

Tipul funcțional al stîlpului		Echipamentul: Sistemul de prindere a conductorului	Echipamentul: Tipul clemelor sau legăturilor	Echipamentul: Conductoarele	Relația de calcul pentru încărcarea F [daN]
Susținere	Normal	Susținere	Cleme cu tracțiune limitată	Active	$F = k_c d_c$
	Întărit		Cleme cu reținerea conductorului	Active	$F = k_s k_n T_c$
				Protecție	$F = 0{,}4\ T_c$
Întindere și terminal		Întindere	Legături de întindere, cleme de întindere	Active și protecție	$F = n\ T_c$

3) *Pentru regim de montaj se au în vedere următoarele condiții :*

3.1) Pentru stîlpii de susținere, la ridicarea conductoarelor pe stîlpi, greutatea conductoarelor se consideră dublă.

3.2) Pentru stîlpii de întindere :

— indiferent de numărul de circuite pe stîlp, într-un panou se consideră montat numai un circuit, iar conductoarele de protecție nu sînt montate ;

— indiferent de numărul conductoarelor de protecție, într-un panou se consideră montate cel mult două conductoare de protecție, iar conductoarele active nu sînt montate.

3.3) *Pentru toți stîlpii se iau în considerare următoarele încărcări suplimentare* provenite din greutatea monteurului și a dispozitivelor de montaj :

100 daN pentru *LEA* cu $U_n < 110$ kV ;
200 daN pentru *LEA* cu $U_n = 110$ sau 220 kV ;
250 daN pentru *LEA* cu $U_n = 400$ kV.

Verificările în condiții de montaj se fac pentru temperatura medie, fără vînt și fără chiciură.

La liniile de joasă tensiune ($U_n < 1$kV) normativul PE 106—83 prevede următoarele *ipoteze pentru calculul și dimensionarea stîlpilor :*

Pentru stîlpii de susținere în aliniament :

— temperatura medie, vînt maxim orizontal pe conductoare și stîlp și greutatea fără chiciură a elementelor liniei (conductoare, izolatoare și armături) ;

— temperatura de formare a chiciurii, vînt mediu simultan cu chiciura orizontal pe conductoare și stîlp și greutatea cu chiciură a elementelor liniei.

Pentru stîlpii de susținere în colț se iau în considerare aceleași ipoteze adăugîndu-se rezultanta tracțiunilor în conductoare (fără sau cu chiciură).

Pentru stîlpii de întindere : — temperatura medie, vînt maxim pe conductoare și stîlpi, diferența de tracțiune în conductoarele din deschiderile adiacente și greutatea fără chiciură a elementelor liniei.

Pentru stîlpii terminali:

— ipotezele de la stîlpii de întindere, tracțiunile în conductoare (fără sau cu chiciură);

— tracțiunea maximă în conductor la temperatura minimă, fără chiciură.

La liniile de folosință comună se adaugă încărcările provenite din liniile de telecomunicații sau radio.

La stîlpii cu branșamente se iau în considerare încărcările suplimentare produse de acestea.

La stîlpii ancorați se ține seama de eforturile preluate de ancore. Coeficientul de siguranță în ancore se consideră 2,5.

6.7.3. Verificarea rezistenței barelor stîlpilor

6.7.3.1. Bare supuse la întindere axială

Se verifică cu relația:

$$N/A_n \leqslant R;$$

N este efortul de întindere axială provenit din încărcarea de calcul la care se verifică bara; A_n — aria netă minimă a secțiunii barei (aria profilului din care s-a scăzut aria eventualelor găuri pentru șuruburi); R — rezistența de calcul la întindere, corespunzătoare materialului din care este realizată bara (tabelul 6.23).

Tabelul 6.23

Rezistențele de calcul pentru profile și table din oțel de diferite mărci [kgf/mm²]

Marca oțelului	Rezistența R la întindere, compresiune și încovoiere		Rezistența la forfecare R_f	
	Profile și table cu grosimea:			
	$t > 16$ mm	$t \leqslant 16$ mm	$t > 16$ mm	$t \leqslant 16$ mm
OLT 35	20	21	12	12,5
OL 37, RCA 37	20	22	12	13
OLT 45	23	24	14	14,5
OL 44, OCS 44	25	26	15	15,5
OL 52, OCS 52, RCA 52, RCB 52	30	31,5	18	19
OCS 55	34	36	21	21,5
OCS 58	37	39	22	23,5

6.7.3.2. Bare supuse la compresiune axială

Se folosește relația:

$$N/\varphi A \leqslant R;$$

N este efortul de compresiune axială de calcul la care se verifică bara; A — aria secțiunii brute a barei; R — rezistența de calcul la compresiune corespunzătoare materialului din care este realizată bara (tabelul 6.23); φ — coeficientul minim de flambaj, din tabelul 6.24 determinat în funcție de marca oțelului, de coeficientul de zvelțețe λ și de curba de flambaj corespunzătoare formei secțiunii elementului (A, B, C în tabelul 6.24).

Tabelul 6.24

Coeficienții de flambaj φ pentru diferite mărci de oțel

λ	OL 37; OLT 35			OL 44; OCS 44; OLT 45			OL 52; OCS 52		
	A	*B*	*C*	*A*	*B*	*C*	*A*	*B*	*C*
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
10	0,997	0,996	0,992	0,997	0,995	0,990	0,996	0,994	0,988
20	0,989	0,983	0,969	0,987	0,980	0,962	0,983	0,974	0,953
30	0,974	0,960	0,931	0,969	0,954	0,918	0,960	0,939	0,898
40	0,952	0,927	0,881	0,941	0,916	0,859	0,925	0,888	0,827
50	0,921	0,883	0,821	0,903	0,865	0,790	0,873	0,821	0,746
60	0,879	0,829	0,755	0,850	0,801	0,716	0,805	0,740	0,663
70	0,826	0,764	0,686	0,784	0,727	0,641	0,721	0,652	0,582
80	0,762	0,694	0,619	0,707	0,610	0,570	0,651	0,566	0,508
90	0,690	0,621	0,555	0,626	0,571	0,504	0,544	0,487	0,442
100	0,616	0,552	0,496	0,548	0,500	0,445	0,467	0,419	0,385
110	0,546	0,488	0,443	0,479	0,437	0,394	0,402	0,361	0,337
120	0,482	0,432	0,396	0,418	0,383	0,349	0,347	0,313	0,296
130	0,426	0,382	0,355	0,367	0,336	0,310	0,302	0,273	0,261
140	0,377	0,339	0,318	0,322	0,297	0,277	0,264	0,240	0,231
150	0,335	0,302	0,286	0,285	0,263	0,248	0,233	0,212	0,206
160	0,299	0,271	0,259	0,254	0,235	0,223	0,207	0,188	0,184
170	0,268	0,244	0,234	0,228	0,211	0,201	0,184	0,168	0,166
180	0,242	0,220	0,213	0,204	0,190	0,182	0,165	0,151	0,150
190	0,219	0,199	0,195	0,184	0,172	0,166	0,149	0,137	0,136
200	0,199	0,181	0,178	0,167	0,156	0,151	0,135	0,124	0,124

Coeficientul de zvelteță λ este un factor definit prin relația:

$$\lambda = l_f/i;$$

l_f este lungimea liberă de flambaj a barei; $i = \sqrt{I/A}$ — raza de girație a secțiunii barei; I — momentul de inerție minim.

În categoriile de formă (A, B și C) ale secțiunii barelor se consideră:

A — profile dublu T laminate sau sudate, care flambează în plan paralel cu inima; tuburi laminate la cald, fără sudură;
B — profile dublu T laminate sau sudate, care flambează în plan paralel cu talpa; chesoane sudate; profile solidarizate; profile cu flambaj în plan perpendicular pe axa de simetrie;
C — profile deschise cu flambaj în plan paralel cu axa de simetrie.

6.7.3.3. **Bare supuse la încovoiere**

Barele supuse la un moment încovoietor de calcul M și la o forță tăietoare de calcul T se verifică cu relațiile:

$$M/W_n \leqslant R; \quad TS/t_i I \leqslant R_f;$$

W_n — modulul de rezistență net (ținînd seama de slăbirile din zona întinsă); I — momentul de inerție brut al secțiunii în raport cu axa principală perpendiculară pe planul de acțiune al solicitării; S — momentul static al suprafeței care alunecă în raport cu axa neutră; t_i — grosimea inimii; R, R_f — rezistențele de calcul la încovoiere, respectiv forfecare, din tabelul 6.23.

6.7.4. Șuruburi și suduri pentru stîlpi metalici

Normativul PE 105—83 recomandă utilizarea de șuruburi semiprecise conform NII 3 Bacău, avînd caracteristicile mecanice conform STAS 2700/3—80. De asemenea se recomandă folosirea șuruburilor din grupa 4.6 pentru construcții din OL 37, din grupa 5.6 pentru construcții din OL 44 și din grupa 6.6 pentru construcții din OL 52.

În funcție de mărimea barei se recomandă diametre maxime și minime ale șuruburilor, conform tabelului 6.25.

Diametrele și toleranțele găurilor în funcție de diametrele șuruburilor sînt date în tabelul 6.26.

Momentele de strîngere ale șuruburilor sînt date în tabelul 6.27.

Materialele folosite la sudarea stîlpilor metalici trebuie să fie astfel alese, încît materialul depus prin sudare să aibă cel puțin caracteristicile mecanice și de rezistență la coroziune ale oțelului din care sînt fabricate laminatele care se sudează.

Grosimea minimă de calcul a stratului de sudură în relief este dată în tabelul 6.28.

Tabelul 6.25

Diametrele maxime și minime recomandate pentru șuruburi

Profil cornier OL 52—2K	Șuruburi așezate pe un rînd		Șuruburi așezate pe două rînduri	
	$Ø_{max}$	$Ø_{min}$	$Ø_{max}$	$Ø_{min}$
40 × 40 × 4	14(12)	12	—	—
45 × 45 × 4	16(12)	12	—	—
45 × 45 × 5	16(14)	12	—	—
50 × 50 × 4	16(14)	12	—	—
50 × 50 × 5	18(14)	12	—	—
60 × 60 × 6	20(18)	14	—	—
70 × 70 × 6	24(20)	14	—	—
70 × 70 × 7	24(20)	14	—	—
80 × 80 × 8	27(24)	16	—	—
90 × 90 × 8	30(24)	16	—	—
90 × 90 × 9	30(27)	16	—	—
100 × 100 × 10	30(30)	18	—	—
120 × 120 × 10	30(30)	18	24(24)	18
120 × 120 × 12	30(30)	18	24(24)	18
130 × 130 × 12	30(30)	18	24(24)	18
140 × 140 × 12	30(30)	18	24(24)	18
140 × 140 × 14	30(30)	18	24(24)	18
150 × 150 × 12	30(30)	18	24(24)	18
150 × 150 × 14	30(30)	18	24(24)	18
160 × 160 × 14	30(30)	18	24(24)	18
160 × 160 × 16	30(30)	18	24(24)	18

Notă. Valorile din paranteză sînt pentru profile corniere din OL 37—2n.

Tabelul 6.26

Diametrele și toleranțele găurilor în funcție de diametrele șuruburilor

Diametrul nominal al șurubului [mm]	Diametrul găurii [mm]	Toleranța găurii [mm]
12	13	$^{+0}_{-0,5}$
14	15	$^{+0}_{-0,5}$
16	18	$^{+0}_{-0,5}$
18	20	$^{+0}_{-0,5}$
20	22	$^{+0}_{-0,5}$
24	26	$^{+0}_{-0,5}$
30	32	$^{+0}_{-0,5}$
36	38	$^{+0}_{-0,5}$
40	42	$^{+0}_{-0,5}$

Tabelul 6.27

Momentele de strîngere pentru şuruburi

Diametrul şurubului	Momentele de strîngere, în daN, pentru şuruburi din grupa:			
	4.6	5.6	6.6	8.8
M 12	3	4	5	9
M 14	4	5	7	11
M 16	5	6	8	12
M 18	6	8	11	17
M 20	9	11	13	23
M 24	14	18	22	37
M 30	20	25	30	50
M 36	28	35	40	70
M 40	44	55	60	100

Tabelul 6.28

Grosimile minime de calcul ale straturilor de sudură în relief

Grosimea piesei care se sudează [mm]	Grosimea stratului de sudură [mm]
4... 7	3
8...11	4
12...18	5
20...30	6

7. FUNDAȚIILE LINIILOR ELECTRICE AERIENE

7.1. Generalități. Clasificări

Fundațiile stîlpilor sînt elemente de construcție cu ajutorul cărora se fixează în pămînt stîlpii, inclusiv ancorele acestora. Prin intermediul fundațiilor se transmit solului încărcările pe care le suportă stîlpii.

Există o mare diversitate de fundații, care se pot clasifica după diferite criterii.

Din punctul de vedere al solicitărilor predominante se deosebesc:

— fundații supuse la răsturnare;

— fundații supuse la smulgere sau compresiune.

Din punctul de vedere al calculului la stabilitate fundațiile se împart în:

— fundații de greutate;

— fundații încastrate în teren.

După tipul constructiv și al modului de execuție se pot deosebi:

1) *Fundațiile burate* (fig. 7.1, *a*) se folosesc pentru stîlpii liniilor de joasă și medie tensiune de susținere în aliniament sau terminali și de colț ancorați. Constau în straturi alternative din pietriș sau bolovani de rîu și din pămînt bine bătătorit. Groapa poate fi săpată sau forată.

2) *Fundațiile turnate din beton armat sau nearmat* se folosesc pentru stîlpii liniilor de medie și înaltă tensiune și mai rar pentru joasă tensiune; pot fi monobloc de formă prismatică, în trepte (fig. 7.1, *b*), cilindrică sau din mai multe blocuri (cîte unul pentru fiecare picior al stîlpului metalic, sau o fundație pentru două picioare). În cazul unor fundații cu dimensiuni mari interiorul poate fi umplut cu pămînt, balast sau beton sărac.

Fundațiile monobloc utilizate la stîlpi cu baza îngustă sînt solicitate la răsturnare; la fundațiile din blocuri separate utilizate la stîlpi cu baza largă, două blocuri sînt solicitate la smulgere, iar două la compresiune.

3) *Fundațiile grătar* (fig.7.1. *c*) folosesc traverse de lemn, beton armat sau oțel profilat.

4) *Fundațiile forat-injectate* (fig. 7.1,*d*) sînt în fond fundații din beton la care gropile sînt executate prin forare, la un diametru cît mai apropiat de dimensiunile stîlpului, iar betonul este injectat în spațiul dintre groapă și stîlp.

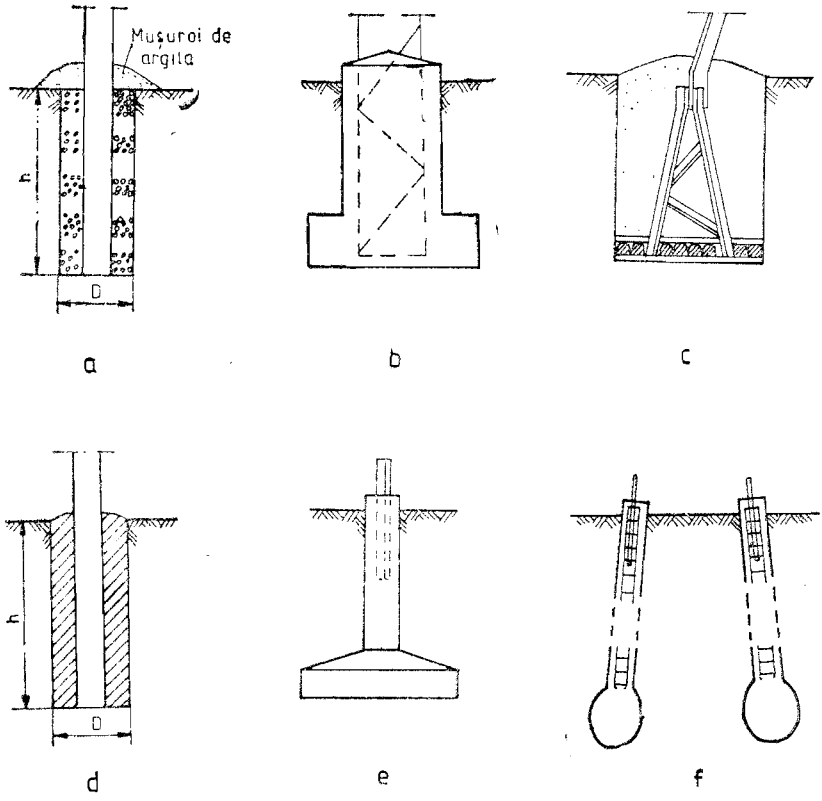


Fig. 7.1. Tipuri de fundaţii:
a — fundaţie brută; *b* — fundaţie turnată din beton monobloc; *c* — fundaţie cu traverse (tip grătar); *d* — fundaţie forat-injectată; *e* — fundaţie prefabricată; *f* — fundaţie pe piloţi.

5) *Fundaţiile prefabricate* (fig. 7.1,*e*) se folosesc la liniile de înaltă tensiune şi pot fi de diferite forme, din una sau mai multe bucăţi (în general un picior şi o talpă sau o riglă verticală şi una sau două orizontale).

6) În cazul unor terenuri foarte slabe, sau cu multă apă, care nu permit fundarea la suprafaţă se folosesc *fundaţii speciale, pe piloţi,* care pot fi *prefabricaţi* sau *turnaţi* (fig. 7.1,*f*), ori *fundaţii pe chesoane.*

Principalele condiţii generale pe care trebuie să le îndeplinească fundaţiile liniilor electrice sînt:

— o bună stabilitate;

— durabilitate în timp;

— cost cît mai redus;

— amplasamentul să fie astfel ales încît pe parcursul exploatării să nu fie supuse unor factori exteriori care ar putea influenţa calitatea iniţială.

7.2. Terenuri de fundare

Caracteristicile principale ale terenului de fundare sînt:

— unghiul taluzului natural (φ), definit ca raportul dintre înălțimea pantei libere a solului și proiecția ei orizontală, exprimat în grade;

— greutatea volumică a pămîntului (γ_p), exprimată în daN/m³;

— presiunea convențională de calcul pe teren la nivelul tălpii fundației (p_{conv}) exprimată în daN/cm²;

— unghiul de frecare interioară a pămîntului (Φ_u), exprimat în grade;

— gradul de îndesare a pămîntului (I_D);

— indicele de consistență a pămîntului (I_c).

Caracteristicile terenului se determină prin măsurători, studii și cercetări geotehnice, folosind foraje, gropi deschise, penetronometre, densimetre, presiometre. În urma măsurătorilor se întocmește un referat geologic, care stă la baza calculului fundațiilor liniilor de înaltă tensiune.

Cu titlu orientativ se pot folosi valorile din tabelele 7.1 și 7.2.

Tabelul 7.1

Caracteristicile terenurilor de fundare

Nr. crt.	Denumirea pămîntului și gradul de îndesare	Greutatea volumică [daN/m³]			Unghiul de frecare interioară
		Deasupra apei		Submersat	
		Cu umiditate naturală	Saturat		
		γ_p	$\gamma_{p\,sat}$	γ_{ps}	Φ_u
	A. *PĂMÎNTURI NECOEZIVE*				
1	Nisip afînat ($I_D < 0{,}33$) sau nisip prăfos	1700	1900	900	30°
2	Nisip cu îndesare mijlocie ($0{,}33 < I_D < 0{,}66$)	1800	2000	1000	32°30′
3	Nisip îndesat ($I_D > 0{,}66$)	1900	2100	1100	35°
4	Pietriș	1700	2000	1000	35°
5	Pietriș cu nisip uniform	1900	2100	1100	35°
6	Bolovăniș rulat și nerulat (fără nisip)	1700	—	1000	37°30′
	B. *PĂMÎNTURI COEZIVE*				
1	Argilă tare	2100		1100	15°
2	Argilă plastic vîrtoasă	2100		1100	15°
3	Argilă plastic consistentă	2000		1000	15°
4	Argilă plastic moale	1800		800	15°
5	Argilă plastic curgătoare	1700		700	10°
6	Argilă nisipoasă, argilă prăfoasă, marnă, plastic consistente pînă la tare	2200		1200	22°30′
7	Argilă nisipoasă, argilă prăfoasă, praf loesoid plastic moale	2100		1100	30°
8	Praf, plastic consistent pînă la tare	2000		1000	22°30′
9	Praf, plastic moale	1900		900	20°
10	Argilă, mîl cu intercalații organice, plastic moale	1700		700	10°
11	Turbă	1100		100	15°

Valorile de bază ale presiunii convenționale de calcul pe terenuri (P_{conv} [daN/cm^2], conform STAS 3300/2-85)

Nr. crt.	Denumirea terenului de fundare	Categoria terenului					Observații
		0	I–II	III	Specială	Stîncă	
		25°	25°–35°	35°			
	A. *ROCI STÎNCOASE*					10–60	
	B. *ROCI SEMISTÎNCOASE*						Funcție de consistență și de degradarea rocii
1	Marne, marne argiloase și argile mărnoase		3,50	...		11	
2	Șisturi argiloase, argile șistoase și nisipuri cimentate			6...	8,50		
	C. *PĂMÎNTURI NECOEZIVE*						
1	Bolovănișuri cu interspațiile umplute cu nisip și pietriș				7,50		
2	Pietrișuri curate cu roci cristaline				6		
3	Pietrișuri cu nisipuri			5,50			
4	Pietrișuri cu nisip argilos		3,50...	5			Funcție de gradul de îndesare
5	Nisip mare			6...	7		
6	Nisip mijlociu			5...	6		
7	Nisip fin, uscat, umed		3,50...	5			
8	Idem, foarte umed, saturat	2,50...	3,50				
9	Nisip fin prăfos, uscat		3...3,5				
10	Idem, umed	2...2,5					
11	Idem, foarte umed, saturat	1,5...2					
	D. *PĂMÎNTURI COEZIVE*						
1	Nisip argilos și praf nisipos		3...3,50				Funcție de consistență și de indicele porilor
2	Argilă nisipoasă sau prăfoasă	2...	3,50				
3	Argile	2,25...	3,50...	6,50			
	E. *UMPLUTURI*						
1	Umplutura din pămînturi omogene compacte	1,5...2					
2	Depozite omogene prin depuneri în timp de pămînturi și reziduri minerale compacte	1,5...2					
3	Idem, însă necompactate	1,5...2					
	F. *PĂMÎNTURI SENSIBILE LA UMEZIRE*						
1	Pămînt nisipos	1,50...	2,50				Funcție de greutatea volumică în stare uscată
2	Pămînt argilos	1,60...	3				

Din punct de vedere practic, în cazul săpăturilor manuale se pot considera următoarele *categorii de terenuri:*

— teren ușor: se sapă cu lopată și ușor cu cazmaua;

— teren mijlociu: se sapă cu cazmaua și parțial cu tîrnăcopul;

— teren tare: se sapă cu tîrnăcopul și cazmaua;

— teren foarte tare: se sapă cu tîrnăcopul, ranga, șpițul și barosul, însă fără explozivi.

7.3. Betonul pentru fundații

Betonul este un amestec de ciment, agregate (nisip, pietriș, piatră spartă) și apă, care prin uscare se transformă într-o masă compactă rezistentă.

Valorile greutățile volumice ale betonului sînt:

— betonul nearmat: $b = 2200 \ldots 2400$ daN/m³;
— betonul armat: $b = 2400 \ldots 2500$ daN/m³,

în funcție de gradul de compactare a betonului, iar în cazul betonului armat și de procentul de armare.

Clasele de beton minime impuse de normative la executarea fundațiilor **LEA** sînt:

Fundații în teren normal:
— fundații monobloc — beton simplu *Bc* 7,5 (B 100);
— fundații cvadribloc — beton armat Bc 10 (B 150).
Fundații în teren cu apă:
— fundații monobloc — beton armat Bc 10 (B 150);
— fundații cvadribloc — beton armat Bc 10 (B 150).
Fundații prefabricate: beton armat Bc 20 (B 250).

În continuare se dau principalele caracteristici ale elementelor componente ale betonului.

a. **Cimentul.** Cimentul utilizat la fundațiile *LEA* poate fi de mai multe categorii și mărci:

— cimentul metalurgic STAS 1500—78 se folosește atît în medii umede, cît și uscate, în special marca M400; este rezistent la acțiunea apelor agresive;

— cimentul Portland STAS 388—80 se folosește la betoanele de marcă superioară și la prefabricate, în mărcile P400 și P500;

— cimentul tras STAS 4241—68 se folosește în medii umede, marca T400 și este rezistent la ape agresive.

b. **Agregatele.** Agregatele trebuie să provină din roci inerte, fără acțiune asupra cimentului, nealterabile la apă și lumină și să corespundă condițiilor din STAS 1667—76; agregatele nu trebuie să conțină resturi animale sau vegetale, păcură, cărbuni, uleiuri, bucăți de argilă, humă, părți levigabile (cel mult 4% la nisip, 2% la pietriș și piatră spartă, 3% la agregate sortate).

Diametrul maxim al agregatelor trebuie să fie 30 mm la fundațiile din beton armat și 70 mm la fundațiile bloc din beton nearmat.

c. **Apa.** Apa trebuie să fie limpede, incoloră, inodoră, cu gust plăcut, să facă spumă multă cu săpunul (să aibă conținut mic de calcar).

Calitatea betonului depinde de raportul apă-ciment (a/c). Astfel, în funcție de cantitatea de apă în procente din greutatea betonului vom avea:

— beton vîrtos 5 — 7,5% apă;
— beton plastic: 7,5—10% apă;
— beton fluid 10—15% apă.

Se recomandă folosirea betonului vîrtos cu circa 6% apă; nu se recomandă folosirea betonului uscat (sub 5% apă).

d. **Armătura.** Armătura fundațiilor *LEA* trebuie să corespundă *condițiilor tehnice* prevăzute în:

STAS 438/1—80 Oțel-beton laminat la cald. Condiții tehnice generale și de calitate;

STAS 438/2—80 Sîrmă trasă pentru betoane armate;

STAS 438/3—80 Plase sudate pentru armarea betoanelor.

În mod obișnuit se utilizează:

— oțel-beton rotund neted OB 00 pentru armături constructive și OB 37 pentru armături de rezistență sau constructive:

— sîrmă trasă netedă sau profilată STNB—STPB pentru armături de rezistență, sub formă de plase sau carcase sudate;

— oțel-beton cu profil periodic PC 52 și PC 60 pentru armături de rezistență;

e. **Consumuri specifice.** Pentru principalele mărci de beton folosite la fundațiile *LEA* consumurile specifice sînt date în tabelul 7.3.

Tabelul 7.3

Consumurile specifice la 1 m³ beton gata preparat
(pentru mortar cantitățile s-au dat la 1 m³ tencuială)

Marca betonului	Utilizarea	Ciment		Balast [m³]	Pietriș [m³]	Nisip [m³]	Apă [l]
		Marca	[kg]				
Clasa 3 (B 35)	Beton simplu turnat în fundații	M 400	102	1,28	—	—	90
Clasa 3,5 (B 50)	Beton simplu turnat în cofraje, la fundații	M 400	120	1,25	—	—	200
Clasa Bc 5 (B 75)	Beton simplu turnat în cofraje	M 400	148	1,28	—	—	160
Clasa Bc 7,5 (B 100)	Beton simplu turnat în fundații	P 300	184	—	0,800	0,800	220
Clasa Bc 7,5 (B 100)	Beton armat turnat în fundații sau radiere	M 400	240	—	0,800	0,520	200
Clasa Bc 10 (B 150)	Beton armat turnat în teren normal	M 400	240	—	0,800	0,520	220
Clasa Bc 10 (B 150)	Beton armat turnat în teren cu pînze freatice	M 400	280	—	0,800	0,520	220
Clasa Bc 15 (B 200)	Beton de umplutură între fundații și stîlpi de beton	M 400	305	—	Ciuruit și sortat 0,760	0,500	240
—	Mortar de tencuială (cantități la 1 m³ de tencuială)	M 300	12	—	—	0,023	7

7.4. Fundații tipizate pentru LEA de medie și înaltă tensiune

a. Fundații prefabricate pentru stîlpi centrifugați *LEA* **20 kV** (fig. 7.2)

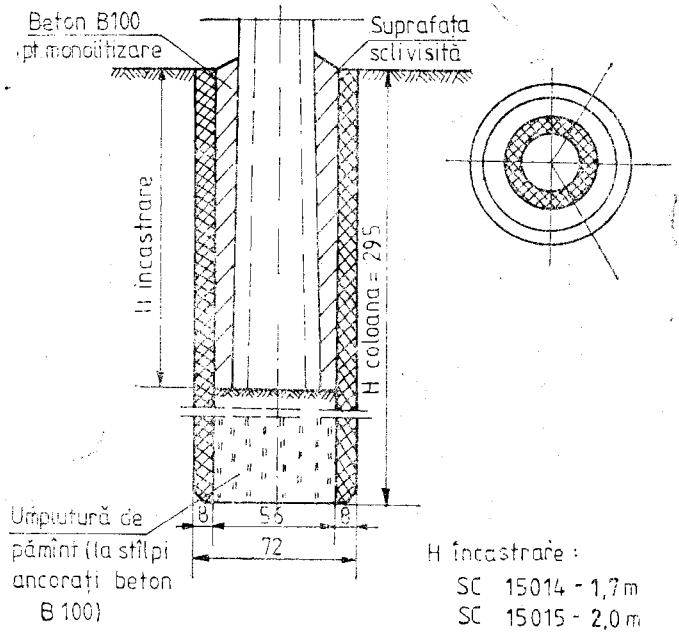


Fig. 7.2. Fundație prefabricată pentru stîlpi centrifugați LEA 20 kV.

b. Fundații turnate pentru stîlpi centrifugați *LEA* **20 kV** (fig. 7.3. și tabelul 7.4)

Tabelul 7.4

Fundații turnate pentru stîlpii centrifugați LEA 20 kV

Tipul stîlpului	Zona meteo	Categoria terenului	$h_{inc.}$ [m]	$h_{săp.}$ [m]	a [m]	b [m]
SE6TM	*I*	*I*	1,70	2,10	1,30	1,05
	II	*II, III*	1,70	1,90	1,00	0,80
		I, II, III	1,70	1,90	1,00	0,80
SE7TM	*I*	*I*	2,00	2,25	1,20	1,05
		II, III	2,00	2,20	1,00	0,80
	II	*I, II, III*	2,00	2,20	1,00	0,80
TC15014	*I*	*I*	1,70	2,20	1,20	1,15
		II	1,70	2,20	1,00	0,95
		III	1,70	1,90	0,95	0,95
TC15015	*I*	*I*	2,00	2,40	1,15	1,05
		II, III	2,00	2,20	1,00	1,00

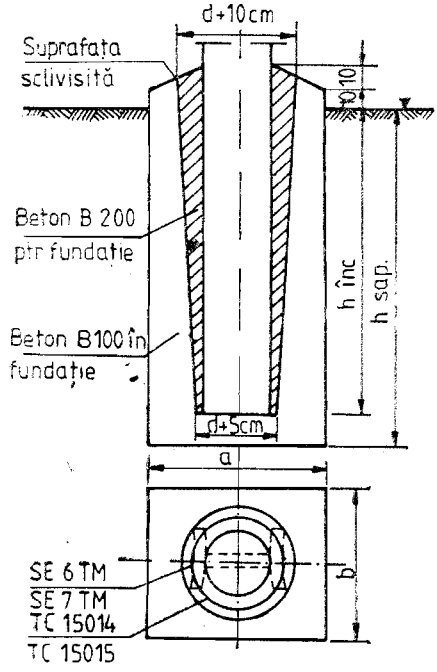
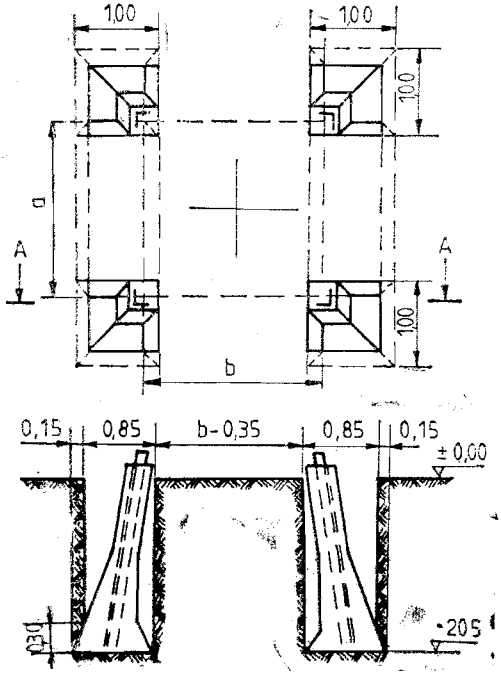


Fig. 7.3. Fundație turnată pentru stîlpi centrifugați LEA 20 kV.

c. **Fundații turnate pentru stîlpi metalici *LEA* 20 kV** (fig. 7.4 tip IC 20212 și IC 20212 + 6 m)



	a (m)	b (m)
IC 20212	2,155	2,155
IC+6 20212	3,2	3,2

Caracteristici :

Unghiul taluzului : 30°

Greutate volumică : = 1700 daN / m^3

Presiunea admisibilă : = 1,5 daN / cm^2

Unghiul de smulgere : = 30°

Nivelul hidrostatic : m = − 2,00

Fig. 7.4. Fundație turnată pentru stîlpi metalici LEA 20 kV tip IC 20212 și IC 20212 + 6 m.

d. **Fundații turnate pentru stîlpi metalici tip IC 20213,** *LEA* **20 kV** (fig. 7.5)

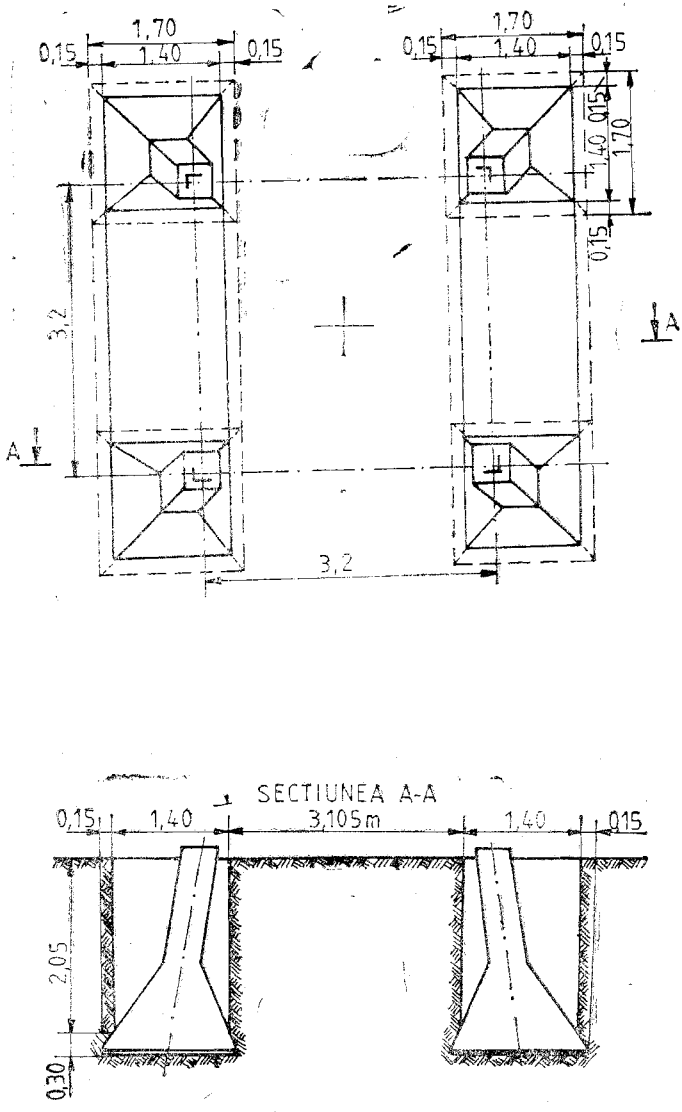


Fig. 7.5. Fundație turnată pentru stîlpi metalici tip IC 20213, LEA 20 kV.

e. **Fundații prefabricate tip ciupercă pentru stîlpi metalici** *LEA* **110 kV** (fig. 7.6 și fig. 7.7, și tabelul 7.5)

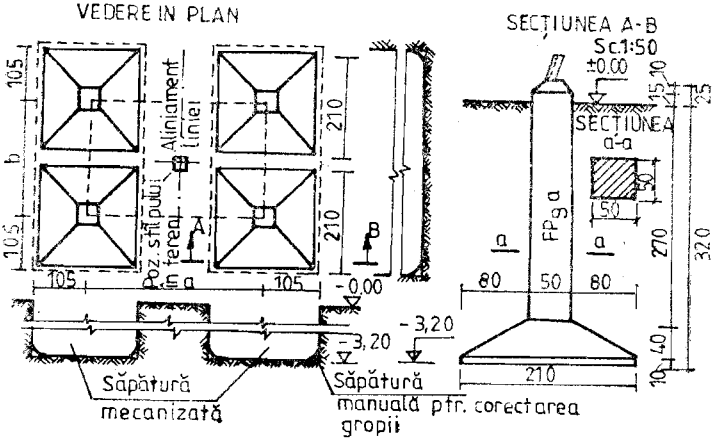


Fig. 7.6. Fundație prefabricată tip ciupercă, dintr-o singură bucată pentru stîlpi metalici LEA 110 kV (FP 1-8).

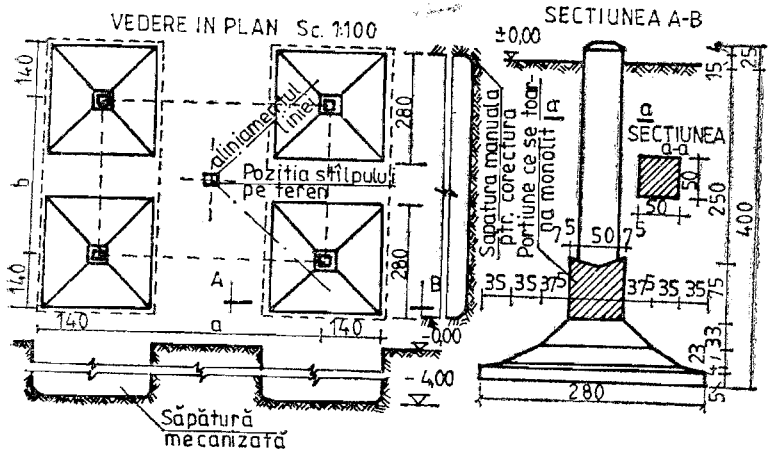


Fig. 7.7. Fundație prefabricată tip ciupercă, din două bucăți pentru stîlpi metalici LEA 110 kV (FP 9-10).

Tabelul 7.5

Fundații prefabricate tip ciupercă pentru *LEA* 110 kV

Tipul fundației	Greutatea [t/buc.]	Dimensiunile		Adîncimea de fundare [m]	Categoria terenului	Tipuri de stîlpi	Variantă stîlpi la care nu se aplică
		Ciupercă [cm×cm]	Picior [cm×cm]				
1	2	3	4	5	6	7	8
FP1	2,24	140×140	40×40	2,40	*I* normal *II* normal *II* apă	Sn110.102—5 Sc Sn110.202—5 Sc Sn110.252—5 Sc Sn110.252—5.3.BC	—
FP2	2,62	160×160	40×40	2,40	*I* apă	Sn110.102—5 Sc Sn110.202—5 Sc Sn110.252—5 Sc Sn110.252—5.3.BC	—
FP3	3,05	180×180	40×40	2,40	0 normal	Sn110.102—5 Sc Sn110.202—5 Sc Sn110.252—5 Sc Sn110.252—5.3.BC	Sn—3 —
FP4	3,16	180×180	40×40	2,70	0 normal 0 apă	Sn110.102—5 Sc Sn110.202—5 Sc Sn110.252—5 Sc Sn110.252—5.3.BC	Sn—3 — —
FP5	4,54	210×210	50×50	2,70	*II* normal *II* apă	Sc110.106—5 Sc ICn110.113—5 Sc ICn110.212—5 Sc ICs110.143—5 Sc	— ICs
FP6a	4,85	210×210	50×50	3,20	*I* normal *II* normal *II* apă	Ss110.256—5.3.BC Scs110.256—5 Sc	Ss—6 Scs—6
FP6b	4,85	210×210	50×50	3,20	*I* normal *II* normal *II* apă	ICs110.143—5 Sc Sc110.106—5 Sc ICn110.113—5 Sc ICn110.212—5 Sc ITn110.114—5 Sc	ICs — —
FP7a	6,00	250×250	50×50	3,20	*I* apă 0 normal	SCs110.256—5 Sc Ssc110.256—5.3.BC	Scs—3 Scs—6 Scs—3
FP7b	6,00	250×250	50×50	3,20	*I* apă 0 normal 0 apă *I* normal	ICS110.143—5 Sc Sc110.106—5 Sc ICn110.113—5 Sc ICn110.212—5 Sc ITn110.114—5 Sc	ICS ICS+3,5 Sc—3 —
FP7c	6,00	250×250	50×50	3,20	*I* normal *II* normal *II* apă	ICn110.213—5 Sc	—
FP7d	6,00	250×250	50×50	3,20	*I* normal *II* normal *II* apă	ICn110.243—5 Sc	—
FP8a	6,18	250×250	50×50	3,50	0 apă	Ssc110.256—5.3.BC SCs110.256—5 Sc	SSc—3 SSc—6 —

Tabelul 7.5 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8
FP8b	6,18	250×250	50×50	3,50	*I* apă 0 normal	ITn110.114—5 Sc	—
FP8c	6,18	250×250	50×50	3,50	*I* apă	ICn110.243—5 SC ICn110.213—5 Sc	—
FP9	8,12	280×280	50×50 și 65×65 monolit la bază	3,50	*II* normal *II* apă *I* normal	ICn110.263—5 Sc ICn110.263—5.3.BC	—
FP10a	8,37	280×280	Idem	4,00	0 apă	ITn110.114—5 Sc	—
FP10b	8,37	280×280	Idem	4,00	0 normal 0 apă	ICn110.213—5 Sc	—
FP10c	8,37	280×280	Idem	4,00	*I* normal *I* apă 0 normal 0 apă	ICn110.262—5 Sc ICn110.243—5 Sc	ICn—3
FP10d	8,37	280×280	Idem	4,00	*II* normal	ICn110.263—5.3.BC	—
FP14III	3,63	180×180	50×50	2,30	*II* apă *II* normal	Sn110.402—5 Sc	—
FP17III	5,38	200×200	50×50	2,30	*II* apă *I* normal	Sn110.402—5 Sc	—

Fundațiile se reazimă direct pe pămînt sau, în cazul terenurilor cu apă, pe un strat de balast de 5 cm grosime.

Denivelarea maximă: 20 cm.

Cotele *a* și *b* sînt date între marginile exterioare ale cornierelor picioarelor, la ieșirea din beton.

f. Fundații turnate pentru stîlpi metalici *LEA* 110 kV (fig. 7.8 și tabelul 7.6)

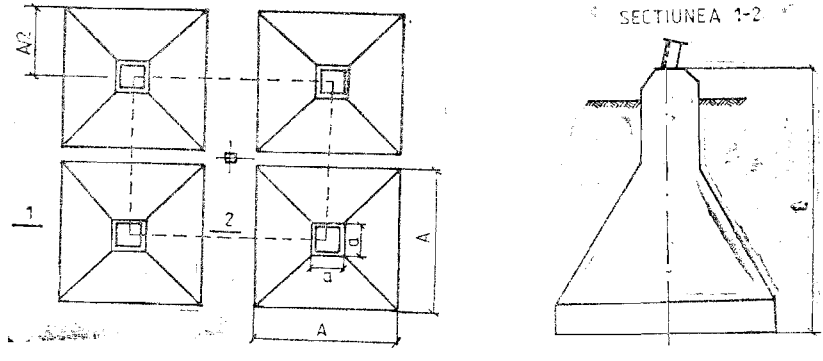


Fig. 7.8. Fundație turnată pentru stîlpi metalici LEA 110 kV.

Tabelul 7.6

Fundații turnate pentru stîlpii metalici *LEA* 110 kV

Simbolul	Dimensiunile [m]			Tipul stîlpului	Categoria terenului					
					O		*I*		*II*	
	A	*a*	*L*		*n*	*a*	*n*	*a*	*n*	*a*
FT 7a	3,20	0,80	4,30	ICn 110.263	—	—	×	—	—	—
				ITn 110.264	—	—	×	—	—	—
FT 7b	3,20	0,80	5,00	ICn 110.263	—	—	—	×	—	—
				ITn 110.264	—	—	—	×	—	—
FT 7c	3,20	0,80	3,80	ICn 110.263	—	—	—	—	×	—
				ITn 110.264	—	—	—	—	×	—
FT 10d	3,60	0,80	4,60	ITn 110.244	—	—	×	—	—	×
FT 10e			5,20		—	—	—	×	—	—
FT 10f			3,90		—	—	—	—	×	—
FT 11c	3,60	1,00	4,25	ICn 110.413	—	—	×	×	—	—
FT 12d	3,20	1,00	4,15	ICn 110.413	—	—	—	—	×	×

n — teren normal; *a* — teren cu apă.

g. Fundații turnate pentru stîlpi centrifugați *LEA* 110 kV (fig. 7.9 și tabelul 7.7)

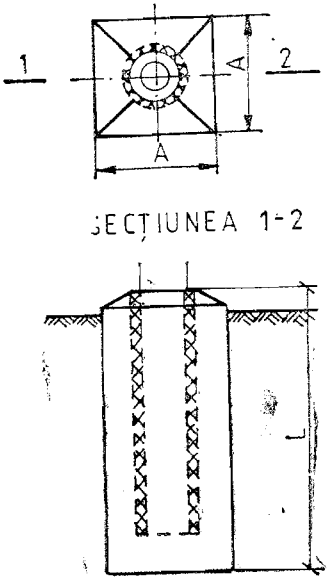


Fig. 7.9. Fundație turnată pentru stîlpi centrifugați LEA 110 kV.

Tabelul 7.7

Fundații turnate pentru stîlpii centrifugați

Simbolul	Dimensiunile [m]		Tipul stîlpului	Categoria terenului					
				O		*I*		*II*	
	A	*L*		*n*	*a*	*n*	*a*	*n*	*a*
FT 2	1,60	3,20	SC 1187	—	—	×	×	×	×

Caracteristicile geotehnice	UM	Categoria terenului		
		O	*I*	*II*
Presiunea admisibilă	[kgf/cm²]	1,00	1,50	2,00
Greutatea volumetrică	[t/m³]	1,70	1,70	1,70
Unghiul taluzului natural		16—20°	20°	25°

n — teren normal; *a* — teren cu apă.

h. Fundații prefabricate sau turnate pentru stîlpi metalici *LEA* 220 kV dublu circuit (fig.7.10 și tabelul 7.8)

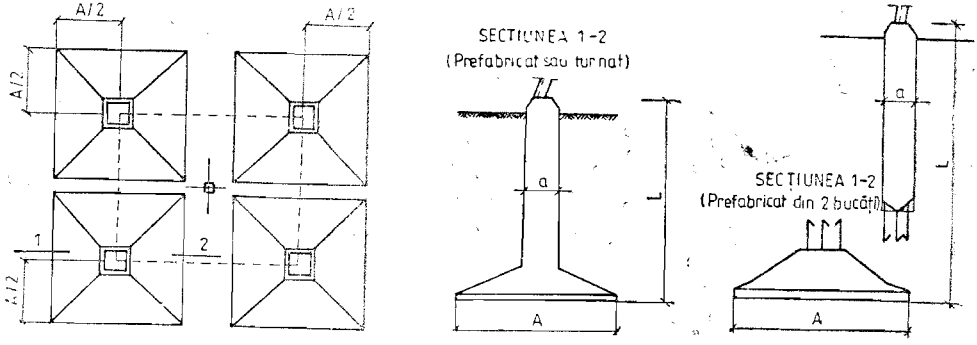


Fig. 7.10. Fundație prefabricată sau turnată pentru stîlpi metalici LEA 220—400 kV.

Tabelul 7.8

Fundații prefabricate sau turnate pentru stîlpii *LEA* 220 kV, dublu circuit

Simbolul	Dimensiunile [m]			Tipul stîlpului	Categoria terenului	
	A	*a*	*L*		*I*	*II*
1	2	3	4	5	6	7
FUNDAȚII PREFABRICATE TIP CIUPERCĂ PENTRU STÎLPII METALICI						
FP 13a III	2,10	0,50	3,25	Ss 220.205	—	×
FP 13a	2,10	0,50	3,05	Sn 220.252	×	—
				Sn 220.201	×	—
				Sn 220.202	×	—
FP 14	1,80	0,50	3,05	Sn 220.201	—	×
				Sn 220.252	—	×
FP 14III	1,80	0,50	3,05	Sn 220.202	—	×
FP 15	2,30	0,50	3,55	Ss 220.205	×	—

Tabelul 7.8 (continuare)

1		3	4	5	6	7
FUNDAȚII TURNATE TIP CIUPERCĂ PENTU STÎLPII METALICI						
FT 2a	2,80	0,70	3,15	Ss 220.205	—	×
FT 2b	2,80	0,70	3,25	Ss 220.205	×	—
FT2bI	2,80	0,90	4,15	ICn 220.212	—	×
FT 6bI	3,20	0,90	4,15	ICn 220.212	×	—
FT 6b	3,60	1,00	4,15	ICn 220.213	—	×
FT 7b	3,80	1,10	4,85	ITn 220.214	—	×
				ICn 220.262	—	×
FT 8b	4,00	1,10	5,15	ITu 220.214	×	—
				ICn 220.262	×	—
FT 3a	3,90	1,00	4,35	ICn 220.213	×	—

1. Fundații prefabricate sau turnate pentru stîlpi metalici *LEA* 400 kV simplu circuit (fig. 7.10 și tabelul 7.9)

Tabelul 7.9

Fundații prefabricate sau turnate pentru stîlpii metalici ai *LEA* 400 kV, simplu circuit

Simbolul	Dimensiunile [m]			Tipul stîlpului	Categoria terenului	
	A	*a*	*L*		*I* *n*	*II* *n*
FUNDAȚII PREFABRICATE PENTRU STÎLPII METALICI						
FP 13b I	2,10	0,50	2,65	SnY 400133	×	—
FP 13b II	2,10	0,50	2,45	SnY 400133	—	×
FP 6a	2,10	0,50	3,45	Ps 400137	×	×
FP 7b	2,50	0,50	3,45	Pss 400138	×	—
FP 6b	2,10	0,50	3,45	Pss 400138	—	×
FUNDAȚII TURNATE PENTRU STÎLPII METALICI						
FT 14	2,70	0,80	3,65	SsY 400134	×	—
FT 14I	2,70	0,80	4,05	IC 400139	—	×
FT 15	2,50	0,80	3,45	SsY 400134	—	×
FT 16	3,20	0,90	3,35	IC 400135	×	—
FT 17	3,00	0,90	3,35	IC 400139	×	—
	3,00	0,90	3,35	IC 400135	—	×
FT 18	3,80	1,20	3,55	IT 400136	×	—
FT 19	3,50	1,20	3,35	IT 400136	—	×

j. **Fundații prefabricate pentru stîlpi metalici portali ancorați *LEA* 400 kV simplu circuit** (fig. 7.11 și tabelul 7.10)

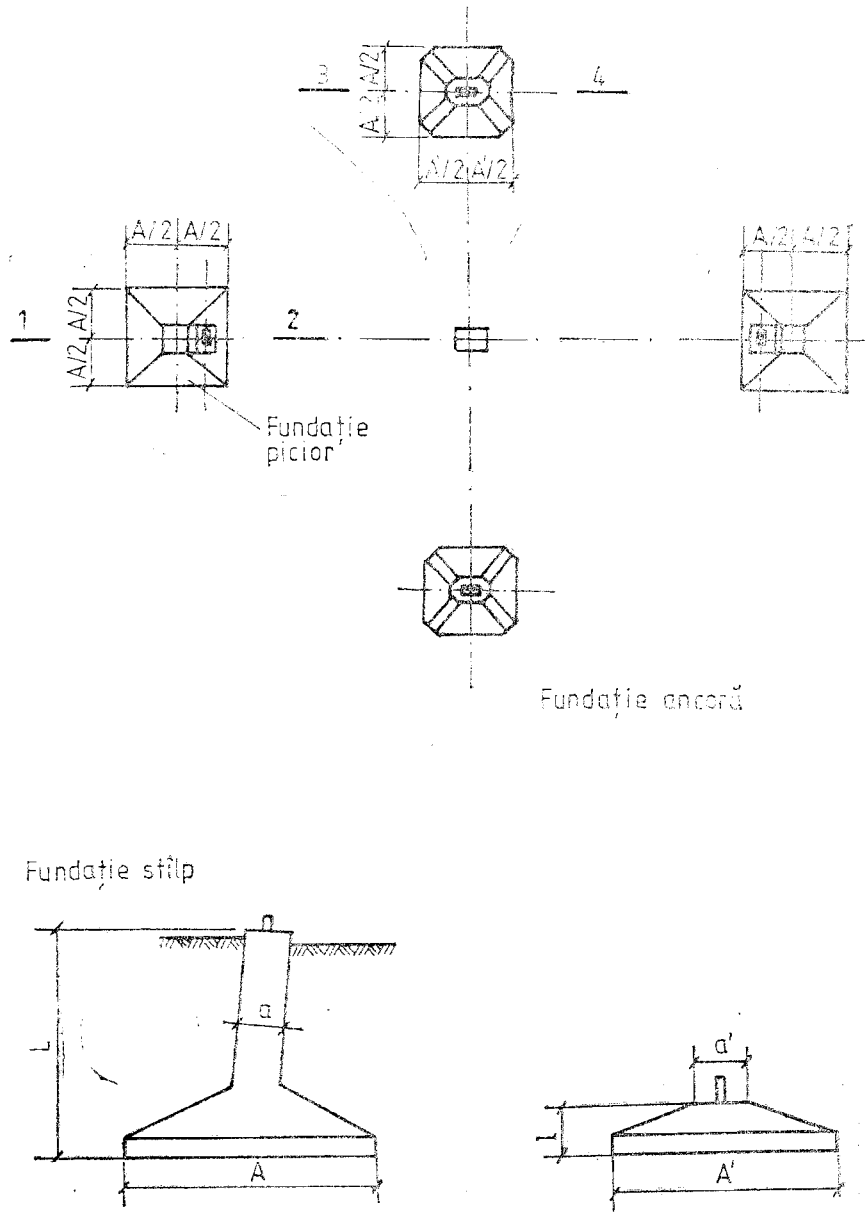


Fig. 7.11. Fundație prefabricată pentru stîlpi metalici portali ancorați LEA 400 kV simplu circuit.

Tabelul 7.10

Fundații prefabricate pentru stîlpi „portal ancorat" ai *LEA* 400 kV simplu circuit

Simbolul	Dimensiunile [m]				Tipul stîlpului	Categoria terenului	
	$A(A')$	$a(a')$	l	L		*I*	*II*
Picior FP 18	1,90	0,40	—	1,70	PAS 400.102	×	×
Picior FP 20	2,10	0,40	—	1,70	PAS 400.103	×	×
Picior FP 21	2,10	0,40	—	1,80	PAS 400.131	×	×
Picior FP 22	1,90	0,40	—	1,80	PAS 400.132	×	×
Ancoră FP 19	1,80	0,38	0,40	2,80	PAS 400.102	×	×
					PAS 400.103	×	×
					PAS 400.131	×	×
					PAS 400.132	×	×

7.5. Elemente pentru calculul fundațiilor

Fundațiile liniilor electrice aeriene de înaltă tensiune se calculează conform prevederilor prescripțiilor PE 104—85 și, pînă la apariția *„Metodologiei de proiectare a fundațiilor LEA cu tensiuni peste 1000 V"*, conform *Îndrumarului de proiectare pentru dimensionarea fundațiilor stîlpilor LEA peste 1000 V, la stări limită"* (1 I.I. — I.p. 42—85, în curs de refacere).

Solicitările care acționează asupra fundațiilor stîlpilor *LEA* provin din încărcările normate care acționează asupra stîlpilor și celorlalte elemente ale liniei, la care se aplică coeficienți de încărcare conform tabelului 7.11.

Tabelul 7.11

Valorile coeficienților de încărcare pentru calculul fundațiilor

Nr. crt.	Categoria de încărcare	Denumirea încărcărilor care acționează asupra stîlpilor și elementelor liniei	Coeficientul de încărcare
1	Permanentă	Greutatea proprie a stîlpilor, conductoarelor și izolatoarelor	1,1(0,9)[1]
2	Variabilă	Greutatea chiciurei pe { Conductoare	2,0(1,3)[1]
		Greutatea chiciurei pe { Stîlpi și izolatoare	1,3
		Presiunea vîntului pe stîlpi și conductoare, acoperiți sau nu de chiciură	1,3
		Tracțiunea din conductoare, în regim normal de funcționare	1,3
3	Excepțională	Tracțiunea din conductoare, în regim de avarie	1,1

[1] Valorile 0,9 și 1,3 se introduc în calculele de dimensionare la smulgere a fundațiilor.

Încărcările normate provin din :

— greutatea proprie a stîlpilor, conductoarelor și izolatoarelor ;

— greutatea chiciurii care se depune pe conductoare și elementele stîlpilor ;

— acțiunea vîntului pe stîlpi, conductoare și izolatoare,

— tracțiunile în conductoare, conform PE 104-85 (v. cap. 1. și 3).

Gruparea încărcărilor normate se face în conformitate cu ipotezele de calcul pentru dimensionarea stîlpilor și fundațiilor (v. tabelul 6.21).

La stîlpii cu fundații monobloc de beton (cu excepția stîlpilor ancorați), *încărcările de calcul* acționează asupra fundațiilor prin următoarele solicitări :

— momentul încovoietor M_i, care acționează în plan vertical ;

— momentul de torsiune $\pm M_t$, care acționează în plan orizontal ;

— forța tăietoare T, care acționează orizontal la nivelul solului ;

— forța verticală G, provenită din greutățile stîlpului, acționînd în axul stîlpului.

La stîlpii metalici cu picioare separate (fundații cvadribloc) acționează același gen de solicitări, care se descompun în eforturi verticale și orizontale, care acționează asupra fundațiilor componente.

Fundațiile de greutate se calculează la compresiune, smulgere sau răsturnare, fără a se ține seama de împingerea pasivă a pămîntului. La verificarea la răsturnare sau smulgere trebuie să se realizeze, pentru solicitări maxime, un *coeficient de siguranță la stabilitate* de :

$$1{,}3 < C \leqslant 1{,}5.$$

Fundațiile încastrate se calculează la compresiune, smulgere sau răsturnare, ținînd seama de împingerea pasivă a pămîntului, astfel încît să se realizeze coeficienții de stabilitate din tabelul 7.12.

Tabelul 7.12

Coeficienții de siguranță pentru stabilitatea fundațiilor stîlpilor *LEA* de înaltă tensiune

Nr. crt.	Tipul fundației	Coeficientul C	
		Regim normal	Regim de avarie
1	Fundații brute la stîlpii de susținere în aliniament	1,8	1,5
2	Fundații de beton la stîlpii de susținere în aliniament	1,5	1,3
3	Fundații de beton la stîlpii de întindere în aliniament	1,8	1,5
4	Fundații de beton pentru stîlpii terminali și pentru toate tipurile de stîlpi de colț	1,8	1,5
5	Fundații la traversări de rîuri pentru toate tipurile de stîlpi	2,5	2,0
6	Fundații la traversări de rîuri cu pericol de eroziune a malurilor sau la instabilitate a albiei	3,0	2,5

Pentru *LEA* de joasă tensiune coeficienții de siguranță la stabilitate prevăzuți în PE 106—83 sînt dați în tabelul 7.13.

Tabelul 7.13

Coeficienții de siguranță pentru stabilitatea fundațiilor stîlpilor *LEA* de joasă tensiune

Tipul fundației	Coeficientul de siguranță		
	Zonă meteorologică protejată	Zonă meteorologică neprotejată	Zonă mlăștinoasă sau în apropierea rîurilor
Fundație burată pentru stîlpi de susținere	1,5	1,8	—
Fundație de beton pentru stîlpi de susținere	1,3	1,5	2,5
Fundație de beton pentru stîlpi speciali	1,5	1,8	2,5

8. INSTALAȚII DE LEGARE LA PĂMÎNT

8.1. Generalități

În cursul exploatării liniilor electrice aeriene este posibil ca unele părți ale liniei, care în mod normal nu sînt sub tensiune, să fie puse în mod accidental sub tensiune, creindu-se o situație periculoasă pentru personalul de deservire și pentru persoanele care în mod întîmplător ar atinge aceste părți ale liniei sau ar trece prin apropiere. Pentru a preveni astfel de accidente aceste părți ale liniei se leagă la pămînt printr-o instalație corespunzătoare.

Instalația de punere la pămînt se compune din priza de pămînt, conductoarele de legătură și piesele de legătură. Partea principală a instalației de legare la pămînt o constituie priza de pămînt, constînd din unul sau mai mulți electrozi în contact cu pămîntul, prin care se realizează trecerea curentului în pămînt.

Rezistența electrică a prizei de pămînt este compusă din rezistența electrozilor, rezistența dintre electrozi și sol și rezistența solului. Dintre acestea, valoarea cea mai importantă, mult mai mare decît celelalte, o are rezistența solului.

Conform normelor MEE, la LEA cu tensiuni peste 1 kV se leagă la pămînt toți stîlpii liniei, precum și conductoarele de protecție la fiecare stîlp.

Armăturile fundațiilor de beton ale stîlpilor metalici și ale părții subterane ale stîlpilor de beton armat în cazul fundațiilor burate se consideră drept prize de pămînt naturale.

Stîlpii LEA fără aparataj, în zone cu circulație redusă pot folosi priza naturală; în cazul în care aceasta nu satisface condiția de rezistență priza naturală trebuie completată cu o priză artificială. Stîlpii din zonă cu circulație frecventă, ca și stîlpii cu aparataj (separatoare, descărcătoare etc.) din zone cu circulație redusă trebuie prevăzuți cu prize artificiale.

Pentru liniile de joasă tensiune protecția se realizează prin legarea consolelor și armăturilor la conductorul de nul, care la rîndul său se leagă la pămînt la capetele liniei și la derivații.

Ancorele stîlpilor se leagă de asemenea la conductorul de nul, dacă nu sînt prevăzute cu izolatoare de ancoră.

8.2. Rezistivitatea solului

Rezistivitatea solului se definește prin rezistența pe care o întîmpină curentul electric la trecerea prin pămînt și reprezintă rezistența electrică a unui cub din solul respectiv, exprimîndu-se în ohmi-metri sau ohmi-centimetri.

Rezistivitatea solului depinde, în afară de natura și structura sa de umiditate și temperatură; rezultă că același sol nu are aceeași rezistivitate pe parcursul timpului. Creșterea umidității conduce la scăderea rezistivității solului. Creșterea temperaturii face să scadă rezistivitatea solului, cu observația că poate produce în același timp și uscarea solului, care are un efect contrar.

Înainte de proiectarea unei instalații de legare la pămînt este necesar să se cunoască rezistivitatea solului, făcîndu-se în acest scop măsurători. Măsurarea se face cu ajutorul punții (v. STAS 6119—78). Determinarea *rezistivității de calcul* se face ținînd seama de umiditatea solului în timpul măsurării, folosind relația:

$$\rho = \rho_{măs}\psi,$$

ρ este rezistivitatea de calcul; $\rho_{măs}$ — rezistivitatea obținută prin măsurări; ψ — coeficientul de variație a rezistivității solului în funcție de adîncimea de îngropare și umiditatea solului (tabelul 8.1).

Tabelul 8.1

Coeficienții ψ de variație a rezistivității solului în funcție de adîncimea de îngropare a prizei și de umiditatea solului

Adîncimea de îngropare h a electrodului prizei [m]	Umiditatea solului în timpul măsurării		
	Sol foarte umed	Sol cu umiditate medie	Sol uscat
$0{,}3 < h \leqslant 0{,}5$	6,5	5	3,5
$0{,}5 < h \leqslant 0{,}8$	3	2	1,5
$0{,}8 < h \leqslant 4$	1,5	1,3	1,1
$h > 4$	1,2	1,1	1,0

Observație. h reprezintă diferența de nivel dintre centrul electrodului și suprafața terenului.

În cazul în care nu se pot face măsurători și nu există alte date, pentru calcule preliminare se pot folosi pentru diferite ape și soluri valorile orientative din tabelul 8.2.

Avînd în vedere variațiile de rezistivitate a solului, este posibil să nu se obțină rezultatele dorite, chiar în cazul în care s-au efectuat măsurători. De aceea este necesar ca după execuție să se măsoare rezistențele obținute, ținînd seama că *rezistența prizei* este:

$$R_p = R_{p\,măs}\psi.$$

Tabelul 8.2

Rezistivităţile informative ale diferitelor ape şi soluri

Nr. crt.	Natura apei sau a solului	Rezistivitatea [Ωm]	
		Limitele de variaţie în funcţie de umiditate şi conţinutul de săruri	Valorile recomandate pentru calcule preliminarii
1	Soluţie de sare sau ape acide	0,01	0,01
2	Apă de mare	1—5	3
3	Apă de pîrîu şi rîu	10—50	20
4	Apă de iaz sau izvor	40—50	40
5	Apă subterană	30—70	50
6	Apă de munte (pîrîuri, rîuri, lacuri)	100—1200	700
7	Pămînt, humă, turbă, foarte umede	15—20	20
8	Cernoziom	10—70	50
9	Humă vînătă cu conţinut de sulfură de fier	10—20	10
10	Pămînt arabil	40—60	50
11	Pămînt argilos, argilă	40—150	80
12	Pămînt cu pietriş	100—500	200
13	Loess, pămînt de pădure	100—300	200
14	Argilă cu nisip	100—300	200
15	Pămînt nisipos	150—400	300
16	Nisip foarte umed	100—500	400
17	Balast cu pămînt	500—6000	1000
18	Nisip, nisip cu pietriş	1000—2000	1000
19	Roci, bazalte	10000	10000
20	Stîncă compactă	100000	100000
21	Granit, marmură	10^8—10^9	10^8
22	Sare gemă	10^{11}	10^{11}
23	Mică	10^{12}—10^{15}	10^{15}

Dacă rezistenţa obţinută nu este satisfăcătoare, este necesar ca priza să fie îmbunătăţită.

În cazul unor soluri cu rezistivitate mare se pot lua măsuri de îmbunătăţire prin înlocuirea solului din jurul electrozilor cu un sol cu o rezistivitate mai redusă : pămînt arabil, argilă etc.

Rezultate mai bune se obţin prin folosirea în acest scop a betonitei.

Betonita este un produs natural compus din roci argiloase, conţinînd silicat de aluminiu şi oxizi de fier, calciu şi magneziu, care se prelucrează prin uscare, măcinare şi separarea părţilor argiloase de cele nisipoase şi de alte impurităţi. Betonita obţinută prin prelucrare are cel puţin 50% părţi argiloase, levigabile şi o rezistivitate de circa 9 Ωm.

Stratul de betonită din jurul electrozilor trebuie să fie de 20—30 cm.

8.3. Rezistenţa prizei. Distribuţia potenţialelor în jurul prizei

Prin aplicarea unei tensiuni electrice asupra prizei de pămînt ia naştere o scurgere de curent prin electrod în pămînt. În acelaşi timp fiecare punct din jurul electrodului capătă un potenţial, cu atît mai mare, cu cît distanţa lui la electrod este mai mică (fig. 8.1).

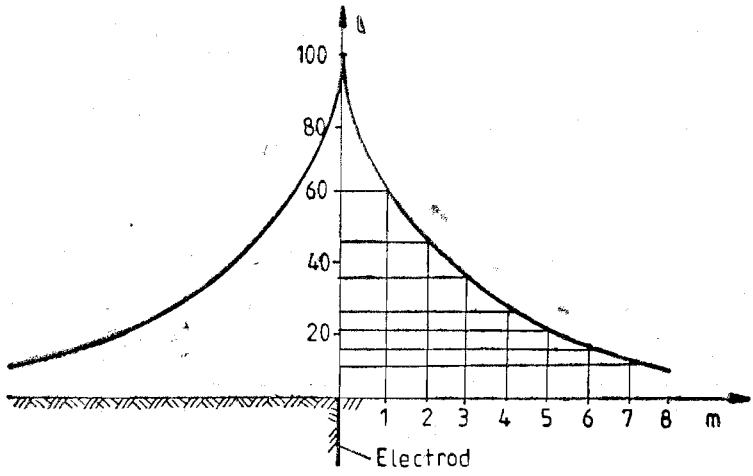


Fig. 8.1. Distribuția potențialelor în jurul unei prize de pământ.

Față de cele de mai sus se definesc:

Curentul de defect I_d este curentul accidental apărut în urma unui defect.

Curentul de punere la pământ prin priză I_p este partea curentului de defect care trece prin electrozii de pământ.

Tensiunea prizei de pământ U_p este tensiunea prizei de pământ față de un punct din zona de potențial nul.

Rezistența de dispersie a prizei R_p este raportul dintre tensiunea prizei de pământ U_p și curentul de punere la pământ prin priză I_p.

Tensiunea de atingere U_a este partea din tensiunea unei instalații de legare la pământ la care este supus omul aflat la o distanță de 0,8 m de obiectul atins (fig. 8.2). În cazul verificărilor prin măsurători, distanța față de obiect se consideră cel puțin 1 m.

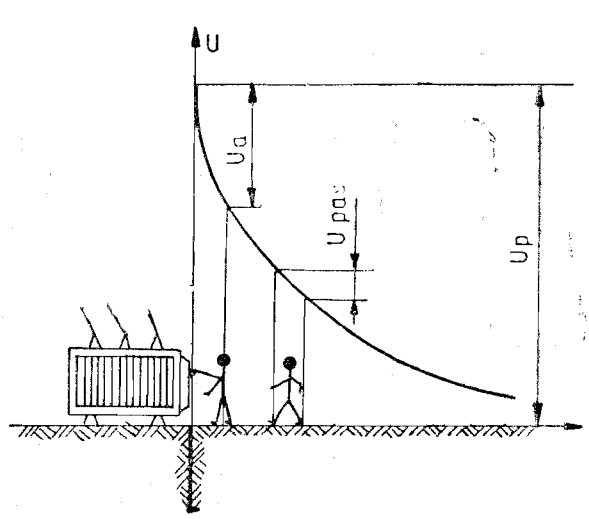


Fig. 8.2. Tensiunea de atingere și de pas:
U_p — tensiunea prizei; U_a — tensiunea de atingere; U_{pas} — tensiunea de pas.

Tensiunea de pas U_{pas} este partea din tensiunea unei instalații de legare la pămînt la care este supus omul, cînd atinge concomitent două puncte de pe sol aflate la o distanță de 0,8 m între ele (fig. 8.2). În cazul verificărilor prin măsurători lungimea pasului se consideră 1 m.

Valorile maxime admisibile ale tensiunilor de atingere și de pas pentru stîlpii *LEA* cu tensiuni peste 1 kV sînt date în tabelul 8.3.

Tabelul 8.3

Valorile maxime admisibile pentru tensiunile de atingere și de pas la *LEA* cu tensiuni peste 1 kV

Tipul rețelei	Specificul zonei	Specificul stîlpului	
		Fără aparataj	Cu aparataj
Rețea cu neutrul legat direct la pămînt sau prin rezistență	Zone cu circulație redusă	Nu se normează	250[1]
	Zone cu circulație frecventă	250[1]	250[1]
	Incinte industriale și agricole	125[1]	125[1]
Rețea cu neutrul izolat sau legat la pămînt prin bobină	Zone cu circulație redusă	Nu se normează	125
	Zone cu circulație frecventă	125	65
	Incinte industriale și agricole	125	40

[1] Dacă valoarea nu poate fi obținută în condiții economice, trebuie realizate prize de dirijare a distribuției potențialelor cu mai multe contururi, conform STAS 7334-83; la stîlpii respectivi se vor aplica măsuri de creștere a nivelului de izolație sau se vor utiliza izolatoare nestrăpungibile.

Pentru *LEA* de joasă tensiune valoarea maximă admisă a tensiunilor de atingere și de pas este 65 V.

Condițiile de asigurare a unor tensiuni de atingere și de pas sub limitele admisibile sînt:

$$k_a R_p I_p/\alpha \leqslant U_a; \quad k_{pas} R_p I_p/\alpha \leqslant U_{pas};$$

$U_a(U_{pas})$ sînt tensiunile de atingere (pas) maxime admise [V]; R_p este rezistența instalației de legare la pămînt [Ω]; I_p — curentul de punere la pămînt prin priză [A] (rezultat din calculul efectuat conform tabelului 8.4); α — coeficientul de izolare al amplasamentului: ($\alpha = 2$ pentru strat de balast sau piatră spartă cu grosimea de 12 cm; $\alpha = 3$ pentru dale sau strat de beton; $\alpha = 5$ pentru asfalt cu grosimea de 2 cm); $k_a(k_{pas})$ — coeficientul de atingere (*pas*) depinzînd de forma prizei:

0,80 pentru priza simplă de pămînt a stîlpului;
0,50 pentru priză cu un contur pătrat și 2 electrozi verticali;
0,30 pentru priză cu două conture pătrate și 4 electrozi verticali;
0,25 pentru priză cu 3 conturi pătrate și 4 electrozi verticali.

Prin măsurători, în condiții reale de teren, folosind metoda punții sau a voltmetrului și ampermetrului se pot determina atît tensiunile de atingere și de *pas*, cît și coeficienții k_a și k_{pas} (STAS 6119—78).

Tabelul 8.4

Condiţiile de calcul pentru dimensionarea instalaţiilor de legare la pămînt la stîlpii *LEA* cu tensiuni peste 1 kV

Nr. crt.	Categoria reţelei	Determinarea tensiunilor de atingere şi de pas		Verificarea la stabilitate termică		Condiţii speciale
		Curentul de punere la pămînt	Timpul de calcul	Curentul de punere la pămînt	Timpul de calcul	
1	Reţea izolată faţă de pămînt	Curent de punere la pămînt simplă, dar nu mai puţin de 10 A (Ips)	Timp nelimitat	Curent de punere la pămînt simplă, dar nu mai puţin de 10 A (Ips)	Timp nelimitat	La stîlpii cu aparataj, personalul de exploatare trebuie să folosească mijloace individuale de protecţie (mănuşi şi îmbrăcăminte electroizolantă)
2	Reţea legată direct la pămînt sau prin rezistenţă ohmică	Curentul prin priza stîlpului la o punere la pămînt monofazată (Ip_p)	Timpul protecţiei de bază (prima treaptă a protecţiei prevăzută să sesizeze cel mai rapid defectul respectiv), t_b	Curentul priu priza stîlpului la o punere la pămînt monofazată (Ipp)	Timpul protecţiei de rezervă (timpul celei de a doua protecţii, care poate să sesizeze defectul respectiv), t_r	A. Idem, ca mai sus B. Dacă nu se poate obţine în condiţii economice, se realizează prize de dirijare a potenţialelor, iar la stîlpul respectiv se prevede izolaţie de calitate superioară C. Se folosesc coeficienţii de atingere (k_a) şi de pas (k_{pas}) notaţi mai sus

8.4. Calculul rezistenței de dispersie a prizei

Pentru calculul rezistenței de dispersie se folosesc formule care țin seama de forma și dimensiunile electrozilor, de modul de așezare a lor și de rezistivitatea de calcul a solului. Se folosesc și formule simplificate.

Formulele pentru cele mai uzuale tipuri de electrozi sînt

1) *Electrod vertical din țeavă sau oțel rotund cu partea superioară la nivelul solului:*

$$r_p = 0{,}366 \frac{\rho}{l} \lg \frac{4l}{d} \approx 0{,}9 \frac{\rho}{l} .$$

2) *Electrod vertical din țeavă sau oțel rotund îngropat la adîncimea* $h + l/2$:

$$r_p = 0{,}366 \frac{\rho}{l} \left(\lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4h + l}{4h - l} \right) .$$

3) *Electrod vertical din placă pătrată îngropată la adîncimea* $h + l/2$:

$$r_p = 0{,}25 \frac{\rho}{a} .$$

4) *Electrod din țeavă sau oțel rotund așezat orizontal la adîncimea* q:

$$r_p = 0{,}366 \frac{\rho}{l} \lg \frac{l^2}{qd} \approx 2 \frac{\rho}{l} .$$

5) *Electrod din bandă de oțel așezată orizontal la adîncimea* q:

$$r_p = 0{,}366 \frac{\rho}{l} \lg \frac{2l^2}{bq} .$$

6) *Electrod din placă așezată orizontal la nivelul solului:*

$$r_p = 0{,}44 \frac{\rho}{\sqrt{S}} .$$

În formulele de mai sus s-au notat:

ρ — rezistivitatea solului [Ωm]; l — lungimea electrodului [m]; d — diametrul exterior al țevii sau barei rotunde [m]; b — lățimea barei [m]; q — distanța de la partea superioară a electrodului pînă la suprafața solului [m]; a — latura plăcii pătrate [m]; S — suprafața plăcii [m²].

În cazul unei prize artificiale formate din mai mulți electrozi identici, *rezistența totală de dispersie a prizei* va fi:

$$R_p = r_p / n\eta ;$$

r_p este rezistența unei prize singulare [Ω]; n — numărul electrozilor; $\eta \approx 0{,}8$ — coeficientul de utilizare.

Rezistența de dispersie a unei prize complexe este:

$$R_p = 1 \Big/ \sum_{i=1}^{i=n} (1/r_{pi}) ;$$

r_{pi} sînt rezistențele de dispersie ale prizelor de pămînt componente.

8.5. Verificarea prizelor la stabilitate termică

La trecerea curentului de punere la pămînt prin priză temperatura la suprafața electrodului nu trebuie să depășească 95°. Considerîndu-se o temperatură inițială de 35°C pentru adîncimea de îngropare de pînă la 0,6 m și de 15° pentru adîncimi de îngropare mai mari de 0,6 m, rezultă că supratemperatura maximă admisibilă este de 60°C, respectiv 80°C.

Verificarea la stabilitate termică se face pentru regim termic de scurtă durată și pentru regim termic de lungă durată.

Pentru regim termic de scurtă durată (de ordinul secundelor) se folosește relația:

$$S \geqslant I_p \sqrt{\rho t / \gamma \theta};$$

S este suprafața de contact a electrodului cu solul [m²]; I_p — curentul de punere la pămînt prin priză [A] (v. tabelul 8.4); ρ — rezistivitatea solului [Ωm]; θ — supratemperatura [°C]; t — durata regimului termic [s]; γ — căldura specifică medie a solului [W_s/°Cm³]; în lipsa unor date exacte se poate considera: $\gamma = 1{,}7 \times 10^6$ [Ws/°Cm³], rezultînd pentru 60°C:

$$S \geqslant I_p \sqrt{\rho t} \times 10^{-4} \text{ [m}^2\text{]}.$$

Pentru regim termic cu o durată $t' \leqslant t$ (din tabelul 8.5) trebuie satisfăcută relația:

$$R_p \leqslant \frac{125}{I_p} \sqrt{\frac{t}{t'}};$$

R_p este rezistența prizei [Ω]; I_p — curentul de punere la pămînt prin priză [A]; t' — durata regimului termic [min]; t — conform tabelului 8.5, în funcție de rezistivitatea solului și tipul prizei.

Tabelul 8.5

Duratele limită t pentru calculul prizelor de pămînt la stabilitatea termică

Rezistivitatea ρ a solului [Ωm]	Durata t [min] pentru:	
	Priză verticală $l \geqslant 1{,}5$ m	Priză orizontală
50	100	30
100	200	60
200	400	120
300	600	180

Pentru regim termic cu timp nelimitat:

$$R_p \leqslant \frac{1}{I_p} \cdot \sqrt{2\rho\lambda\theta};$$

λ este conductivitatea medie a solului [W/°Cm].

Dacă nu se indică o valoare se ia $\lambda = 1{,}2$ W/°Cm și pentru $\theta = 60$ °C rezultă $R_p I_p \leqslant 12\sqrt{\rho}$.

8.6. Prize de pămînt naturale

În vederea realizării de economii de metal normativul MEE prevede ca armăturile fundațiilor de beton ale *LEA* și ale părții subterane ale stîlpilor de beton armat în cazul fundațiilor burate să fie considerate ca prize de legare la pămînt naturale și numai în cazul că acestea nu satisfac condițiile de dispersie necesare să fie completate cu prize artificiale.

Pentru a asigura continuitatea circuitului electric al prizei, piciorul metalic al stîlpului se leagă la armăturile metalice ale fundației. În acest scop barele verticale ale armăturii fundației se leagă prin sudură între ele și cu piciorul de fundație al stîlpului prin intermediul unei benzi de oțel de 40 × 4 mm (fig. 8.3). Acest ansamblu se leagă de asemenea prin cel puțin 10 puncte de sudură cu barele orizontale ale tălpii fundației.

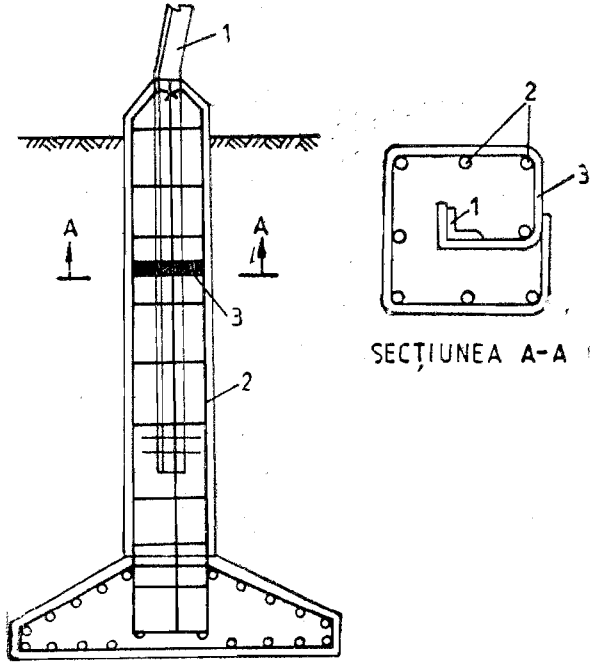


Fig. 8.3. Realizarea prizei naturale la o fundație prefabricată:

1 — piciorul stîlpului; *2* — barele longitudinale ale fundației; *3* — bandă 01 40 × 4 mm (se sudează de piciorul stîlpului și de barele longitudinale).

În cazul fundațiilor prefabricate din două bucăți barele orizontale ale tălpii se leagă între ele printr-o bandă de oțel zincat și aceasta se leagă la rîndul ei cu banda de oțel a părții superioare a fundației.

8.7. Prize de pămînt artificiale

Conform prevederilor STAS 8275—78, în funcţie de adîncimea de îngropare, *prizele artificiale de legare la pămînt pot fi de 3 tipuri:*

1) *Prize de pămînt de suprafaţă*, constînd din electrozi orizontali îngropaţi pînă la adîncimea de 1 m de la suprafaţa solului. Din această categorie fac parte electrozi din plăci de tablă şi electrozi lungi formaţi din oţel rotund sau oţel lat îngropaţi la adîncimi de 0,5—1 m (fig. 8.4). Aceşti din urmă electrozi pot fi întinşi, după caz, fie în linie dreaptă, fie formînd un contur poligonal, inelar sau o reţea complexă.

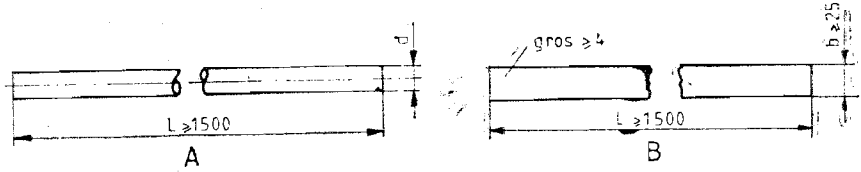


Fig. 8.4. Electrozi orizontali:
A — din oţel-beton; *B* — din oţel lat.

În cazul unor astfel de contururi rezistenţa de dispersie este mai mică decît cea a unui electrod de aceeaşi lungime întins în linie dreaptă, însă se obţine o distribuţie mai favorabilă a tensiunilor de atingere şi de pas.

2) *Prize de pămînt de adîncime*, constînd din electrozi verticali din ţeavă de oţel, profile de oţel sau oţel beton cu adîncimea de îngropare de 1—5 m (fig. 8.5).

3) *Prize de pămînt de mare adîncime*, formate din electrozi îngropaţi la adîncimi de peste 5 m. Se folosesc în cazul în care straturile de la adîncime ale solului au rezistivităţi mai mici decît cele de la suprafaţă.

Secţiunea minimă a electrozilor de oţel pentru prizele de pămînt artificiale la LEA de înaltă tensiune este de 150 mm², indiferent de modul de protejare a electrodului sau de agresivitatea solului.

Grosimile minime ale electrozilor din oţel în funcţie de agresivitatea solului şi modul de protejare a oţelului împotriva corodării sînt date în tabelul 8.6.

Pentru instalaţii de joasă tensiune secţiunile (S), grosimile (g) şi diametrele minime (d) în funcţie de agresivitatea solului, modul de protejare a oţelului şi durata de funcţionare sînt date în tabelul 8.7.

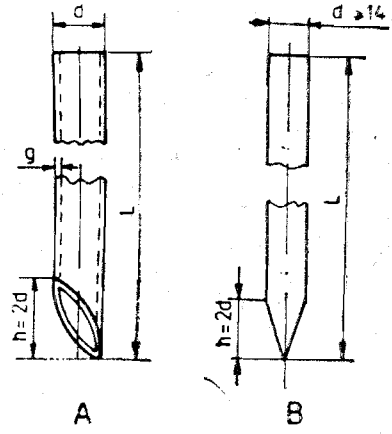
Este interzisă folosirea pentru executarea prizelor de pămînt a electrozilor din funie de oţel, din aluminiu, precum şi electrozi asamblaţi prin legături neconducătoare sau care au acoperiri izolante.

Se menţionează că prin circulara tehnică a MEE CT 3/1980 se interzice zincarea elementelor de oţel utilizate la prizele de legare la pămînt.

Îmbinarea diferitelor părţi ale prizei precum şi a acestora cu restul instalaţiei de legare la pămînt se face prin sudură, prin şuruburi, prin cleme sau prin papuci, care trebuie să asigure o legătură electrică şi mecanică corespunzătoare.

Rezistenţele informative ale unor tipuri uzuale de prize se dau în tabelele 8.8, 8.9 şi 8.10.

Lungimea l mm	Diametrul minim d mm	Grosimea minimă g a electrodului cu durata de serviciu	
		>10 ani	<10 ani
1500 2500	60	4,5	3,5
>2500	75		



Lungimea l mm	Lungimea aripei a mm
$l \leq 2500$	$a \geq 40$
$l > 2500$	$a \geq 50$

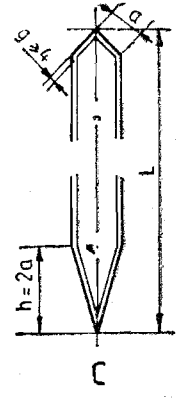


Fig. 8.5. Electrozi verticali:
A — din țeavă de oțel; *B* — din oțel-beton; *C* — din oțel cornier.

Tabelul 8.6

Grosimile minime ale electrozilor din oțel pentru instalațiile de înaltă tensiune

Nr. crt.	Modul de protejare împotriva coroziunii	Tipul electrodului	Grosimea minimă a electrodului [mm], pentru:	
			pH ≥ 6	pH < 6
1	Neprotejate	Profil	6,0	Nu sînt admise
2		Țeavă	4,5 [1)]	
3		Placă	4,0	
4	Protejate în strat de bentonită cu o grosime de minimum 200 mm	Profil	4,0	4,0
5		Țeavă	3,5	3,5
6		Placă	3,0	3,0

[1] La prizele de pămînt destinate unei funcționări pînă la 10 ani, grosimile pot fi de 4,0; 3,5 și 3,0 mm.

Tabelul 8.7

Secțiunile, grosimile și diametrele minime ale electrozilor din oțel pentru instalațiile de joasă tensiune

Nr. crt.	Tipul electrodului	Durata de funcționare			
		Mai mică de 10 ani		Mai mare de 10 ani	
		pH ≥ 6	pH < 6	pH ≥ 6	pH < 6
1	Benzi sau alte profile din OL (cornier, T, I) neprotejat	$s = 100$ mm^2 $g = 4$ mm	Nu sînt admise	$s = 100$ mm^2 $g = 6$ mm	Nu sînt admise
2	Idem, protejat în strat de bentonită	$s = 100$ mm^2 $g = 4$ mm	$s = 100$ mm^2 $g = 4$ mm	$s = 100$ mm^2 $g = 4$ mm	$s = 100$ mm^2 $g = 4$ mm
3	Țevi din oțel neprotejat	$g = 3{,}5$ mm	Nu sînt admise	$g = 4{,}5$ mm	Nu sînt admise
4	Idem, protejat în bentonită	$g = 3{,}5$ mm	$g = 3{,}5$ mm	$g = 3{,}5$ mm	$g = 3{,}5$ mm
5	Oțel rotund, neprotejat	$d = 11$ mm	Nu sînt admise	$d = 14$ mm	Nu sînt admise
6	Idem, protejat în bentonită	$d = 10$ mm	$d = 10$ mm	$d = 10$ mm	$d = 10$ mm
7	Placă de oțel neprotejată	$g = 3$ mm	Nu sînt admise	$g = 4$ mm	Nu sînt admise
8	Idem, protejată în bentonită	$g = 3$ mm	$g = 3$ mm	$g = 3$ mm	$g = 3$ mm
9	Oțel rotund, protejat prin înglobare în beton	$d = 8$ mm	$d = 8$ mm	$d = 8$ mm	$d = 8$ mm

Tabelul 8.8

Rezistențele informative ale prizelor simple din țeavă verticală cu diametrul 60 mm [ohm]

Rezistivitatea solului [Ωm]	Lungimile electrodului [m]											
	1,5	2	5,2	3	5,3	4	5	6	8	10	20	30
50	24	20	16	14	12	11	10	8	6	5	3	2
100	48	39	32	28	25	22	19	16	13	10	6	4
150	72	59	49	42	37	33	28	24	19	16	9	6
200	96	78	65	56	50	44	38	32	25	21	12	8
300	140	117	97	84	74	66	56	48	38	31	17	12
500	240	195	162	140	124	110	94	80	63	52	29	20
1000	480	390	324	280	250	220	187	160	125	104	58	40

Tabelul 8.9

Rezistențele informative ale prizelor simple, orizontale, din oțel rotund cu Ø = 14 mm, dispuse la adîncimea de 0,6 m [ohm]

Rezistivitatea solului [Ωm]	Lungimile electrodului [m]											
	1	3	5	8	10	15	20	30	40	50	75	100
50	38	19	13	9	8	6	5	3	2,5	2	1,5	1,1
100	76	37	25	18	15	11	9	6	5	4	3	2,2
150	114	56	38	27	22	16	13	9	7	6	4,3	3,3
200	152	74	51	35	30	22	17	12,3	10	7,6	5,7	4,4
300	230	110	76	53	45	33	27	18,4	14	12	9	7
500	380	185	127	90	75	54	43	37	24	19	14	11
1000	760	370	254	177	150	108	86	61	48	38	28,4	22,2

Tabelul 8.10

Rezistențele informative ale prizelor simple, orizontale, din oțel rotund cu φ = 14 mm, dispuse în formă de inel la adîncimea de 0,6 m [ohm]

Rezistivitatea solului [Ωm]	Diametrele inelului [m]											
	0,3	1	2	3	3,5	5	7	10	13	17	25	33
50	40	19	13	9	8	5,5	4,4	3	2,5	2	1,5	1,13
100	80	38	26	18	15	11	9	6,3	5	4,1	3	2,3
150	120	57	39	27	23	16,5	13	9,4	7,4	6	4,4	3,4
200	160	76	52	37	31	22	18	13	10	8	5,8	4,5
300	240	115	77	55	46	33	26	19	15	12	8,7	6,8
500	400	191	130	92	77	55	44	31	25	20	15	11,3
1000	800	382	260	183	153	110	88	63	50	41	29	22,6

9. TRAVERSĂRI ŞI APROPIERI

La traversarea, apropierea sau încrucişarea liniilor electrice cu diverse instalaţii, construcţii, căi de transport etc., trebuie păstrate anumite distanţe minime prevăzute în PE 104—85 pentru LEA cu $U_n > 1$ kV şi PE 106—83 pentru LEA cu $U_n \leqslant 1$ kV, precum şi în alte diferite standarde şi normative. De asemenea trebuie luate anumite măsuri de *„siguranţă"* sau *„siguranţă mărită"*, aşa cum sînt arătate în tabelul 9.1.

În continuare sînt arătate principalele prevederi pentru astfel de situaţii.

9.1. Traversări şi apropieri de căi ferate

Distanţele minime admisibile la traversarea liniilor electrice aeriene peste căi ferate sînt date în tabelul 9.2.

Nu sînt admise traversări ale liniilor peste căi ferate în zonele staţiilor de cale ferată, a depourilor de locomotive şi a atelierelor de material rulant, decît în cazuri excepţionale şi numai cu acordul direcţiilor regionale de căi ferate.

La traversările LEA peste căi ferate în locurile marcate cu porţi de gabarit *distanţele minime admise între conductoarele* LEA la săgeata sau deviaţia maximă şi poarta de gabarit sînt:

$U_n \leqslant$ 1 kV	1,00 m;
1 kV $< U_n \leqslant$ 110 kV	3,00 m;
$U_n =$ 220 kV	4,00 m;
$U_n =$ 400 kV	5,00 m;

În cazul apropierilor LEA de căi ferate *distanţele minime admise pe orizontală* între conductorul extrem al LEA la deviaţia maximă şi cea mai apropiată şină trebuie să fie:

$U_n \leqslant$ 1 kV	5,0 m;
1 kV $< U_n \leqslant$ 110 kV	7,5 m;
$U_n =$ 220 kV	8,5 m;
$U_n =$ 400 kV	9,5 m.

În acelaşi timp, pentru LEA cu $U_n > 1$ kV distanţa de la axul liniei la cea mai apropiată şină trebuie să fie de cel puţin înălţimea stîlpului cel

Tabelul 9.1

Măsurile de „siguranță mărită" și „siguranță" ale *LEA*

Nr. crt.	Elementele liniei la care se referă măsura de siguranță	Măsurile de „siguranță mărită"		
		LEA cu $U_n \leq 1$ kV	*LEA* cu $U_n > 1$ kV echipate cu izolatoare suport	*LEA* cu $U_n > 1$ kV echipate cu lanțuri de izolatoare
1	Stîlpi	Stîlpi de traversare	Stîlpi de întindere	Stîlpi de susținere întăriți
2	Conductoare	Nu se admit înnădiri în deschidere	Secțiuni minime admise: — 35 mm² pentru funie OL-AL, OL-Alcoro și Alcoro — 25 mm² pentru funie OL Nu se admit înnădiri în deschidere	
3	Cleme și armături	Legături de întindere	Legături de susținere cu reținerea conductorului	Cleme de susținere cu reținerea conductorului. La *LEA* cu $U_n \geq 110$ kV armături de protecție împotriva arcului
4	Deschideri	Deschiderile reale la vînt și la sarcini verticale să nu depășească 80% din deschiderile de calcul		

Notă. La *LEA* cu $U_n \leq 1$ kV prin „măsuri de siguranță" se înțeleg cele de la poz. 2 și 4.

Tabelul 9.2

Distanțele minime prescrise la traversarea *LEA* peste căi ferate

Tipul căii ferate	Condițiile de calcul pentru D_v	D_v [m]									D_o [m]		Măsurile de siguranță	
		La cablul purtător al CFE				La ciuperca șinei								
		$U_n \leqslant 1$	$1 < U_n \leqslant 110$	$U_n = 220$	$U_n = 400$	$U_n \leqslant 1$	$1 < U_n \leqslant 20$	$20 < U_n \leqslant 110$	$U_n = 220$	$U_n = 400$	$U_n \leqslant 1$	$U_n > 1$	$U_n \leqslant 1$	$U_n > 1$
CFE	f_m	—	3,00	4,00	5,00	—	11,50	11,50	12,50	13,50	$H_s + 3{,}00$	$H_s + 3{,}00$	Cablu subteran	*SM* *LDI* $\theta \geqslant 45°$
	R_c	—	1,00	2,00	3,00	—	9,50	9,50	10,50	11,50				
CFP	f_m	—	—	—	—	7,00	7,50	7,50	8,50	9,50	5,00	$H_s + 3{,}00$	*SM* $\theta \geqslant 45°$	*SM* *LDI* $\theta \geqslant 45°$
	R_c	—	—	—	—	—	6,00	6,00	7,00	8,00				
CFI	f_m	—	—	—	—	6,00	6,50	7,00	8,00	8,50	5,00	$H_s + 3{,}00$	*S* $\theta \geqslant 45°$	*SM* *IM* $\theta \geqslant 30°$
	R_c	—	—	—	—	—	5,50	5,50	6,00	6,00				

D_v — distanța minimă pe verticală de la conductorul cel mai de jos la cablul purtător al CFE sau la ciuperca șinei [m];
D_o — distanța minimă pe orizontală de la marginea stîlpului la cea mai apropiată șină [m];
CFE — cale ferată electrificată sau electrificabilă;
CFP — cale ferată neelectrificabilă cu trafic regulat;
CFI — cale ferată neelectrificabilă cu trafic intermitent;
f_m — săgeată maximă [m];
R_c — ruperea unui conductor în deschiderea vecină la *LEA* cu lanțuri de izolatoare;
U_n — tensiunea nominală a liniei [kV];
H_s — înălțimea stîlpului deasupra solului [m];
SM — măsuri de siguranță mărită (v. tabelul 9.1);
S — măsuri de siguranță (tabelul 9.1);
LDI — lanțuri duble de izolatoare sau legături duble la izolatoare suport;
IM — nivel de izolație mărit;
θ — unghiul de traversare.

Tabelul 9.3

Distanțele minime prescrise la traversarea *LEA* peste drumuri

Categoria drumului	Condițiile de calcul pentru D_v	D_v [m]				D_o [m]			Măsurile de siguranță		
							$U_n>1$			$U_n>1$	
		$U_n\leq 1$	$1<U_n\leq 110$	$U_n=220$	$U_n=400$	$U_n\leq 1$	în afara localității	în localitate	$U_n\leq 1$	în afara localității	în localitate
Categoria *I*:											
— autostrăzi	f_m	6,00	7,00	8,00	9,00				*SM*	*SM*	*SM*
— drumuri naționale	R_c	—	5,50	6,50	7,50	$>Z_s$	22(6)	—	*LDI* $\theta\geq 60°$	*LDI* $\theta\geq 60°$	*LDI* $\theta\geq 60°$
Categoria *II*:											
— drumuri județene	f_m	6,00	7,00	8,00	9,00				*S*	*SM*	*SM*
	R_c	—	5,50	6,50	7,50	$>Z_s$	20(5)	—	$\theta\geq 30°$	*IM* $\theta\geq 30°$	*LDI* $\theta\geq 30°$
Categoria *III*:											
— drumuri comunale	f_m	6,00	7,00	8,00	9,00						*SM*
— străzi	R_c	—	—	—	—	$>Z_s$	18(4)	—	*S* $\theta\geq 15°$	*IM* *FI*	*LDI* $\theta\geq 15°$
Categoria *IV*:											
— drumuri de exploatare	f_m	5,00	7,00	8,00	9,00				*S*	*IM*	*SM*
	R_c	—	—	—	—	$>Z_s$	4	—	$\theta\geq 15°$	*FI*	*LDI* $\theta\geq 15°$

D_v — distanța minimă pe verticală de la conductorul cel mai de jos la partea carosabilă a drumului [m];
D_o — distanța minimă pe orizontală de la marginea stîlpului la axul drumului [m] (cifrele din paranteze numai cu acordul organelor care administrează drumul);
θ — unghiul de traversare;
SM — măsuri de siguranță mărită (conform tabelului 9.1);
S — măsuri de siguranță (conform tabelului 9.1);
LDI — lanțuri duble de izolatoare, sau legături duble la izolatoare suport;
FI — fără înnădiri în deschiderea de traversare;
IM — nivel de izolație mărit;
U_n — tensiunea nominală a liniei [kV];
f_m — săgeata maximă;
R_c — ruperea unui conductor în deschiderea vecină la *LEA* cu lanțuri de izolatoare;
Z_s — zona de siguranță a drumului: $Z_s = 0{,}75 \ldots 1$ m de la șanțul sau rigola drumului.

mai înalt din zona de apropiere plus 3 m. Această distanță poate fi micșorată numai în cazuri speciale, cu acordul MTTC, în acest caz deschiderile reale la vînt și sarcini verticale nu trebuie să depășească 80% din deschiderile de calcul.

9.2. Traversări și apropieri de drumuri

Distanțele minime la traversări sînt date în tabelul 9.3.

La traversările LEA cu $U_n > 1$ kV peste drumuri în locuri în care există porți de gabarit, porți purtînd indicatoare de circulație etc., *distanțele minime între conductoare* la săgeata și deviația maximă și structura porții sînt:

$1 \text{ kV} < U_n \leqslant 20$ kV — 2 m;
$20 \text{ kV} < U_n \leqslant 110$ kV — 3 m;
$U_n = 220$ kV — 4 m;
$U_n = 400$ kV — 5 m.

Pentru traversarea drumurilor de cîmp, de care, de pădure, nu se iau măsuri de siguranță suplimentare.

La traversarea drumurilor de categoria *I*-a a liniilor cu înălțimi peste 25 m este necesar să se echipeze cu balizaj de zi conductoarele superioare și stîlpii; stîlpii cu înălțimi peste 45 m trebuie echipați și cu balizaj de noapte.

Distanțele minime de apropiere între LEA cu $U_n > 1$ kV sînt date în tabelul 9.4.

Tabelul 9.4

Distanțele minime de apropiere dintre *LEA* cu $U_n > 1$ kV și drumuri

Distanțele			Măsurile de siguranță
$d \geqslant D_{ma2}$	$d \geqslant D_{ma1}$	$D \geqslant D_a$	—
		$D < D_a$	Deschiderile reale la vînt și sarcini verticale nu vor depăși 80% din cele de calcul
	$d < D_{ma1}$	$D < D_a$	Siguranță mărită (conform tabelului 9.1), exclusiv măsurile privitoare la tipul stîlpului și înnădirea conductoarelor
$d < D_{ma2}$			Se va evita astfel de apropiere. În caz obligat, cu acordul organelor competente se va trata ca o traversare, cu excepția măsurilor privind tipul stîlpului și înnădirea conductoarelor

D_{ma1}, D_{ma2} — distanțele minime de apropiere, cu valorile din următorul tabel:

U_n [kV]	D_{ma1} [m]	D_{ma2} [m]
$1 < U_n \leqslant 110$	5,00	1,00
$U_n = 220$	6,00	2,00
$U_n = 400$	7,00	3,00

D — distanța de la axul *LEA* la limita amprizei drumului [m];
D_a — distanța de apropiere, egală cu înălțimea stîlpului celui mai înalt, plus 3 m;
d — distanța pe orizontală între conductorul extrem al *LEA* la deviația lui maximă și limita amprizei drumului [m].

Tabelul 9.5

Încrucișările și apropierile între *LEA* cu $U > 1$ kV

LEA care traversează		Încrucișări								Apropierile
		D_v pentru l						D_0	Măsurile de siguranță	
U_n	a	⩽30	⩽50	⩽70	⩽100	⩽120	>120			
$1 < U_n \leqslant 20$	⩽100	2	2	—	—	—	—	2,5	*LEA* cu U_n mai mare deasupra La *LEA* care traversează: — *IM* — *FI*	$d = H_s + 3$ (la 400 kV – 100 m) d poate fi redus în cazuri obligate la cel puțin: $1 < U_n \leqslant 20$ ... 3 m $20 < U_n \leqslant 110$ ... 5 m $U_n = 220$ ... 10 m $U_n = 400$ ... 15 m în acest caz: — deschiderile reale la vînt și sarcini verticale vor fi cel mult 80% din cele de calcul — se verifică influențele electromagnetice și prin cuplaj rezistiv
	>100	2	2,5	2,5	—	—	—			
$20 < U_n \leqslant 110$	⩽200	3	3	3	4	—	—	3		
	>200	3	3	4	4,5	5	—			
$U_n = 220$	⩽200	4	4	4	4	—	—	4		
	⩽300	4	4	4	4,5	5	5,5			
	>300	4	4	5	6	6,5	7			
$U_n = 400$	⩽200	5	5	5	5,5	—	—	5		
	⩽300	5	5	5,5	6	6,5	7			
	>300	5	5,5	6	7	7,5	8			

U_n — tensiunea nominală a liniei care traversează [kV];
a — lungimea deschiderii liniei care traversează [m];
D_v — distanța pe verticală între conductorul inferior al liniei care traversează și conductorul superior al liniei traversate [m]; (ambele conductoare la +15 °C);
D_0 — distanța pe orizontală între cel mai apropiat conductor al liniei traversate la deviația lui maximă și orice element al stîlpului liniei care traversează [m];
l — distanța de la locul de traversare la cel mai apropiat stîlp al liniei care traversează [m];
IM — nivel de izolație mărit;
FI — fără îmădiri în deschiderea de traversare;
H_s — înălțimea deasupra solului a celui mai înalt stîlp din zona de apropiere [m];
d — distanța între cele două linii [m].

Pentru LEA cu $U_n \leqslant 1$ kV distanța minimă admisă pentru apropierea de drumuri în afara localităților este 5 m. În localități, liniile de joasă tensiune se amplasează pe distanța de 1 m între carosabil și trotuar.

9.3. Traversări, apropieri și încrucișări între linii electrice aeriene

Distanțele minime și măsurile de siguranță sînt conform tabelelor 9.5, 9.6 și 9.7.

Tabelul 9.6

Încrucișările și apropierile între *LEA* cu $U_n > 1$ kV și *LEA* cu $U'_n \leqslant 1$ kV

U_n	Încrucișările					Apropierile
	Condițiile de calcul	D_v pentru l: ≤ 40 m	D_v pentru l: > 40 m	D_0	Măsurile de siguranță	
$1 < U_n \leqslant 20$	R_n R_c	2 1	2,5 1	3	La *LEA* care traversează: — *SM* — *LDI*	$d = H_s + 3$ d poate fi redus în cazuri obligate la cel puțin: $1 < U_n \leqslant 20$ ... 2 m $20 < U_n \leqslant 110$ ... 3 m $U_n = 220$ ... 5 m $U_n = 400$ ... 7 m Se vor lua măsuri de evitare a influențelor electromagnetice și prin cuplaj rezistiv asupra *LEA* cu $U'_n \leqslant 1$ kV
$20 < U_n \leqslant 110$	R_n R_c	3 1	4 1	5		
$U_n = 220$	R_n R_c	4 2	5,5 2	7		
$U_n = 400$	R_n R_c	5 3	7 3	10		

U_n — tensiunea nominală a liniei care traversează [kV];
D_v — distanța verticală între conductorul inferior al liniei cu $U_n > 1$ kV și conductorul superior al *LEA* cu $U'_n \leqslant 1$ kV [m];
D_0 — distanța pe orizontală de la orice element al stîlpului *LEA* cu $U_n > 1$ kV la cel mai apropiat conductor al *LEA* cu $U'_n \leqslant 1$ kV [m];
l_1 — distanța de la axul stîlpului liniei care traversează, pînă la punctul de încrucișare [m];
R_n — regim normal de lucru;
R_c — ruperea unui conductor în deschiderea vecină, la *LEA* cu lanțuri de izolatoare;
SM — măsuri de siguranță mărită (v. tabelul 9.1);
LDI — lanțuri duble de izolatoare sau legături duble la izolatoare suport;
d — distanța între cele două linii [m];
H_s — înălțimea deasupra solului a celui mai înalt stîlp din zona de apropiere [m].

Tabelul 9.7

Încrucișările și apropierile dintre *LEA* cu $U_n \leqslant 1$ kV

Tipul conductoarelor		Traversările	Apropierile
LEA care traversează	*LEA* traversată	D_v	D_0
Neizolate	Neizolate	0,50	1,50
Neizolate	Izolate	0,30	0,30
Izolate	Neizolate	0,30	0,30
Izolate	Izolate	0,05	0,05

D_v — distanța minimă pe verticală între conductoare la săgeata maximă [m];
D_0 — distanța minimă pe orizontală între conductoare la deviația maximă [m].
Notă: Se vor adopta măsuri de siguranță (v. tabelul 9.1).

9.4. LEA cu tensiuni peste și sub 1 kV pe stîlpi comuni

Este permisă montarea pe stîlpi comuni cu linii de joasă tensiune numai a liniilor de înaltă tensiune cu $U_n \leqslant 20$ kV.

În acest caz *distanța minimă pe verticală* între conductorul inferior al liniei cu $U_n > 1$ kV și conductorul superior al liniei cu $U_n \leqslant 1$ kV vor fi:

2,0 m în cazul deschiderilor pînă la 40 m;

2,5 m în cazul deschiderilor peste 40 m.

În plus se vor lua următoarele *măsuri de siguranță:*

— izolatoare (legături) duble sau lanțuri duble de izolatoare de tip nestrăpungibil la *LEA* cu $U_n > 1$ kV;

— conductoarele *LEA* cu $U_n > 1$ kV se vor întinde cu o tracțiune maximă egală cu 40% din rezistența de rupere a conductorului;

— se va prevede deconectarea automată la puneri simple la pămînt;

— armătura metalică a tuturor stîlpilor se va lega la conductorul de nul.

9.5. Încrucișări și apropieri față de linii de telecomunicații

În cazul încrucișării sau apropierii unei linii electrice aeriene de o linie de telecomunicații trebuie să se respecte unele distanțe minime și să se ia unele măsuri privind linia electrică sau cea de telecomunicații, în vederea eliminării influențelor periculoase sau a perturbațiilor pe linia de telecomunicații.

Aceste influențe pot fi:

— influențe electrice efect al componentei electrice a cîmpului liniei electrice;

— inducție magnetică efect al componentei magnetice a cîmpului liniei electrice;

— cuplaj rezistiv efect al trecerii curentului prin prizele de pămînt ale liniei electrice.

În vederea unei funcționări normale, prin STAS 832—78, sînt stabilite limitele de influențe periculoase și perturbatoare.

Ca limite de influențe periculoase se semnalează:

— în cazul influenței electrice limita admisă la trecerea curentului capacitiv prin corpul unei persoane, considerat ca avînd o rezistență de 3000 Ohm, este de 15 mA;

— în cazul inducției magnetice și cuplajului rezistiv în cazul liniilor aeriene limitele admise ale tensiunii sînt:

60 V pentru *LEA* în regim normal;
900 V pentru *LEA* în regim de defect cînd $t \leqslant 0{,}3$ s;
650 V idem, cînd $0{,}3 < t \leqslant 0{,}5$ s;
430 V, idem, cînd $0{,}5 < t \leqslant 3{,}0$ s;

t este timpul corespunzător primei trepte a protecției de bază a instalației electrice, inclusiv timpul propriu al întrerupătorului.

Pentru influențele perturbatoare sînt stabilite prin STAS 832-78 *limite pentru:*

— perturbații datorită amorsării protectoarelor;
— tensiuni psofometrice;
— perturbații în funcționarea echipamentelor.

Ca măsuri generale la proiectarea și exploatarea LEA se recomandă:

— alegerea traseului LEA cît mai depărtat de liniile de telecomunicații;
— micșorarea rezistenței prizelor de pămînt;
— reducerea curenților de punere la pămînt;
— echiparea LEA cu conductoare de protecție cu rezistență mică;
— este interzisă utilizarea pămîntului drept conductor de fază;
— rețelele legate la pămînt trebuie să fie prevăzute cu dispozitive automate pentru deconectare în cel mult 3 s în cazul punerilor la pămînt monofazate; timpul corespunzător primei trepte a protecției de bază poate fi mai mare de o secundă numai în cazuri justificate;
— rețelele izolate față de pămînt, inclusiv cele cu bobine de compensare, trebuie să fie prevăzute cu dispozitive de protecție cu declanșare automată în maximum 3 s, în cazul punerilor duble la pămînt și dispozitive de semnalizare optică și acustică pentru puneri simple la pămînt; punerile la pămînt simple trebuie eliminate în maximum 2 h, iar dacă dau naștere la perturbații inadmise, în maximum 10 min de la sesizarea lor de către unitățile de telecomunicații care le exploatează.

În cazul încrucișării unei linii electrice aeriene cu $U_n > 1$ *kV cu o linie aeriană de telecomunicații se adoptă fie trecerea uneia din linii în cablu, fie una din următoarele soluții:*

A. *ÎNTĂRIREA LEA*

1) *Pentru LEA cu* $U_n = 110 \ldots 400$ *kV cu neutrul legat la pămînt întărirea constă din:*

— verificarea stîlpilor de susținere în condiții de avarie la ruperea unui conductor;
— deschiderile reale la vînt și la sarcini verticale nu trebuie să depășească 80% din valorile de calcul;
— sînt interzise înnădirile conductoarelor în deschiderea de traversare;
— lanțuri duble de izolatoare, cleme de reținere a conductoarelor și armături de protecție contra arcului;
— în caz de rupere a unui conductor în deschiderea vecină, distanța minimă pe verticală trebuie să fie

1 m la 110 kV;
2 m la 220 kV;
3 m la 400 kV.

2) *Pentru LEA cu* $U_n = 1 \ldots 60$ *kV cu izolatoare suport și neutrul izolat:*

— trebuie utilizați stîlpi de întindere;
— deschiderile reale la vînt și la sarcini verticale nu trebuie să depășească 80% din valorile de calcul;

— sînt interzise înnădirile conductoarelor în deschiderea de traversare;
— trebuie folosite legături de întindere duble;
— secțiunea minimă a conductoarelor: 35 mm² Al—Ol;
— distanța minimă pe verticală:

0,8 m pentru $U_n \leqslant 20$ kV;
1,0 m pentru $20 < U_n \leqslant 60$ kV.

Pentru LEA cu $U_n = 1 \ldots 60$ kV cu izolatoare lanț se iau următoarele *măsuri de întărire:*
— primele patru de la LEA 110 la 400 kV;
— ultimele două de la LEA 1 la 60 kV cu izolatoare suport.

B. *INTERCALAREA UNUI DISPOZITIV DE GARDĂ*

Dispozitivul este constituit din două conductoare pentru lățimi pînă la 1,6 m și din trei conductoare pentru lățimi mai mari de 1,6 m.

Distanța minimă pe verticală între conductoarele LEA și cele ale dispozitivului de gardă și *secțiunile minime* ale acestora din urmă vor fi:

1 — 25 kV — 2 m — 01 35
35 kV — 3 m — 01 05
60 kV — 3 m — 01 70
110 kV — 3 m — 01 95
} sau Al-01 cu secțiune de oțel echivalentă.
220 kV — 4 m — 01 150 sau Al-01 450;
400 kV — 5 m — 01 150 sau Al-01 450.

În cazul încrucișării unei linii electrice aeriene cu $U_n < 1$ kV cu o linie aeriană de telecomunicații se adoptă trecerea uneia din linii în cablu, sau una din următoarele măsuri:

A. *IZOLAREA CONDUCTOARELOR* cel puțin la una din linii. Izolația se stabilește în funcție de cea mai mare dintre tensiunile celor două linii.

B. *ÎNTĂRIREA LEA*, constînd din:
— utilizarea de stîlpi de traversare;
— deschiderile reale la vînt și la sarcini verticale să nu depășească 80% din valorile de calcul;
— utilizarea de izolatoare și cleme de întindere;
— conductoarele *LEA* vor fi multifilare cu secțiuni minime: 35 mm²Al; 25 mm² Al—Ol sau 10 mm² Cu;
— conductoarele vor fi fixate rigid pe izolatoare.

C. *ÎNCRUCIȘAREA PE STÎLPI COMUNI*

În acest caz conductorul de telecomunicații trebuie protejat mecanic printr-o traversă de protecție, iar *distanțele minime vor fi:*
— distanța pe orizontală între cel mai apropiat punct al traversei stîlpului liniei de telecomunicații și cel mai apropiat conductor al LEA: 2 m;
— distanța pe orizontală între cel mai apropiat punct al traversei LEA și conductorul liniei de telecomunicații: 2 m;
— distanța pe verticală între cele mai apropiate conductoare ale LEA și cele ale liniei de telecomunicații:

1,25 m în cazul conductoarelor neizolate pe stîlpi comuni sau încrucișare liberă în deschidere;

0,60 m în cazul conductoarelor izolate numai pe una din linii pe stîlpi comuni sau încrucișare liberă în deschidere;

0,50 m în cazul în care ambele linii au conductoarele izolate și s-au luat măsuri pentru evitarea frecării accidentale între conductoarele izolate.

Modul în care unitățile MEE și cele ale MTTc trebuie să colaboreze la proiectare, execuție și exploatare în cazul coexistenței instalațiilor electrice cu $U_n > 1$ kV cu liniile de telecomunicații este stabilit prin PE 125—78.

La proiectarea instalațiilor electrice și a celor de telecomunicații trebuie întocmit un studiu tehnic al influențelor (studiu de coexistență), care stabilește dacă sînt necesare lucrări de protecție. Acest studiu se întocmește de unitățile de proiectare ale MTTc sau, în cazul în care este întocmit de unitățile de proiectare ale MEE trebuie avizat de organele MTTc.

La punerea în funcțiune a LEA este obligatorie verificarea tensiunii electromotoare longitudinale sau a tensiunii rezistive, după cum a rezultat din proiecte și dacă este cazul se efectuează și alte măsurători. Punerea în funcție se face cu avizul organelor competente ale MTTc.

9.6. Încrucișări și apropieri față de linii de tramvai și troleibuze

Linia de joasă tensiune va fi cu conductoare izolate, de preferință torsadate și rezistente la intemperii.

Se va evita trecerea LEA peste traversele purtătoare. Dacă nu se poate evita se vor folosi conductoare torsadate la o înălțime de 0,5 m peste traverse.

Distanța minimă pe orizontală între conductoarele LEA de joasă tensiune și părțile legate la pămînt ale instalațiilor pentru tramvaie și troleibuze va fi de 0,5 m.

Distanțele minime pe verticală sînt conform tabelului 9.8.

9.7. Încrucișări și apropieri față de linii de energie electrică în cablu

Pentru LEA cu $U_n \leqslant 1$ kV distanța minimă admisă în plan orizontal de la marginea stîlpului sau fundației la cablu este de 0,5 m.

Pentru LEA cu $U_n > 1$ kV distanța minimă pe orizontală de la conductorul extrem al LEA (proiecția sa pe orizontală) și cablu este:

1 m pentru LEA cu neutrul izolat sau tratat;

5 m pentru LEA cu neutrul legat la pămînt.

Tabelul 9.8

Încrucișările *LEA* cu liniile de contact ale tramvaielor și troleibuzelor

Locul de măsurare	Distanțele minime pe verticală, în m, pentru diferite tensiuni nominale ale *LEA*, în kV				
	$U_n \leqslant 1$	$1 < U_n \leqslant 20$	$20 < U_n \leqslant 110$	$U_n = 220$	$U_n = 400$
Între conductorul *LEA* în funcționare normală și conductorul liniei de contact pentru tramvaie	2	3	3	4	5
Idem, pentru troleibuze	4	4,5	5	6	7
Între conductorul *LEA* în caz de avarie și conductorul liniei de contact pentru tramvaie	2	2	2	3	—
Idem, pentru troleibuze	4	4	4	5	—
Între conductorul *LEA* și cablul purtător al liniei de contact pentru tramvaie	2	3	3	4	5
Idem, pentru troleibuze	4	4	4	4	5

9.8. Traversări și apropieri de conducte supraterane cu fluide necombustibile

Conform tabelelor 9.9 și 9.10.

Tabelul 9.9

Traversările *LEA* peste conductele supraterane de fluide necombustibile

Tensiunea nominală a liniei U_n [kV]	Condițiile de calcul	Distanțele minime		Măsurile de siguranță la linie
		Pe verticală	Pe orizontală	
$U_n \leqslant 1$	f_m	2[1]	H_s	S
$1 < U_n \leqslant 20$	f_m R_c	3,5 1	$H_s + 3$	*SM* *LDI*
$20 < U_n \leqslant 110$	f_m R_c	4 1		
$U_n = 220$	f_m R_c	5 2		
$U_n = 400$	f_m R_c	6 3		

Notă:

1) Semnificațiile pentru f_m; R_c; H_s; *SM* și *LDI* sînt aceleași ca în tabelul 9.2.

2) Conducta traversată se leagă la pămînt pe lungimea traversată plus 3 m de fiecare parte printr-o bandă montată la partea superioară a conductei, prevăzută la capete cu prize de 10Ω.

[1] Pentru conductoare izolate 1 m;

Tabelul 9.10

Apropierile *LEA* față de conductele supraterane de fluide necombustibile

Tensiunea nominală U_n a liniei [kV]	Distanțele minime d pe orizontală față de conductă [m]	Măsurile de siguranță
$U_n \leqslant 1$	$d \geqslant 10$ $5 < d < 10$ $d \leqslant 5$	— *S* *SM*
$1 < U_n \leqslant 400$	$d \geqslant H_s + 3$	—
$1 < U_n \leqslant 110$	$5 < d < H_s + 3$	Deschiderile reale la vînt și sarcini verticale nu vor depăși 80% din cele de calcul
$U_n = 220$	$6 < d < H_s + 3$	
$U_n = 400$	$7 < d < H_s + 3$	

Notă. Semnificațiile pentru *S*; *SM* și H_s sînt aceleași ca în tabelul 9.2.

9.9. Traversări și apropieri față de conducte supraterane cu fluide sau gaze combustibile

Este interzisă traversarea LEA peste conducte de transport gaze, conducte magistrale de transport fluide inflamabile și conducte între schele și rafinării sau puncte de încărcare. În cazuri excepționale se admit astfel de traversări, numai cu acordul autorităților în administrația cărora se găsește conducta, luîndu-se măsuri de siguranță corespunzătoare.

Traversarea peste alte conducte cu fluide sau gaze combustibile trebuie evitate. Ele sînt totuși admise, luîndu-se măsurile prevăzute în tabelul 9.9.

În cazul apropierilor LEA cu $U_n > 1$ kV de conducte supraterane cu fluide sau gaze inflamabile se iau măsurile prevăzute în tabelul 9.11.

În cazul apropierilor LEA cu $U_n \leqslant 1$ kV, dacă distanța D între elementele liniei și marginea condutei este mai mare de 10 m nu se iau *măsuri speciale.*

Pentru D între 5 și 10 m se iau măsuri de *„siguranță"*, iar sub 5 m de *„siguranță mărită"*, conform tabelului 9.1.

9.10. Încrucișări și apropieri față de mijloace de transport pe cablu suspendat

Sînt interzise traversările și încrucișările LEA cu teleferice (transportoare de persoane).

Se recomandă să se evite încrucișarea cu funiculare (transportoare de materiale). În situații obligate se admit astfel de încrucișări, cu observația

Tabelul 9.11

Distanțele minime de apropiere dintre *LEA* cu $U_n > 1$ kV și conductele supraterane de lichide combustibile și gaze

Distanțele [m]		Măsurile de siguranță
$d \geq D_{ma1}$	$D \geq D_a$	—
	$D < D_a$	Deschiderile reale la vînt și sarcini verticale nu vor depăși 80% din cele de calcul
$d < D_{ma1}$	$D > 20$ m	Siguranță mărită (conform tabelului 9.2), exclusiv cele privind stîlpii *LEA* cu izolatoare suport
		Lanțuri duble de izolatoare
	$D < 20$ m	Aceste apropieri se interzic
$d < D_{ma2}$		Aceste apropieri se interzic.

D_{ma1}, D_{ma2} — distanțe minime de apropiere, cu valorile din tabelul următor:

U_n [kV]	D_{ma1} [m]	D_{ma2} [m]
$1 < U_n = 110$	15	5
$U_n = 220$	16	6
$U_n = 400$	17	7

D — distanța între axul *LEA* și peretele conductei [m];
D_a — distanța de apropiere egală cu înălțimea stîlpului cel mai înalt, plus 3 m;
d — distanța pe orizontală între conductorul extrem al *LEA* la deviația lui maximă și peretele conductei [m].

ca LEA să traverseze funicularul. În acest caz se vor lua aceleași măsuri ca la fluide necombustibile (tabelul 9.9), cu observația că distanța minimă pe verticală la săgeata maximă în regim normal va fi 1,5 m pentru $U_n \leq 1$ kV și 3 m pentru $1 < U_n \leq 20$ kV.

În cazurile în care LEA subtraversează funicularul, măsurile de siguranță (plase de protecție, poduri protectoare etc.) se iau de comun acord cu autoritățile în administrația cărora se găsește acesta.

Pentru apropieri între LEA și teleferice sau funiculare distanțele minime și măsurile de siguranță prescrise sînt cele din tabelul 9.12.

Tabelul 9.12

Apropierile *LEA* față de mijloacele de transport pe cablu suspendat (funiculare și teleferice)

Tensiunea nominală U_n a liniei [kV]	Distanțele minime d pe orizontală de la axul *LEA* la cablul purtător [m]	Măsurile de siguranță
$U_n \leq 1$	$d \geq 10$	—
	$5 < d < 10$	S
	$d \leq 5$	Se va trata ca o traversare
$1 < U_n \leq 400$	$d \geq H_s + 10$	—
$1 < U_n \leq 110$	$12 < d < H_s + 10$	Deschiderile reale la vînt și sarcini verticale nu vor depăși 80% din cele de calcul
$U_n = 220$	$13 < d < H_s + 10$	
$U_n = 400$	$14 < d < H_s + 10$	

Notă. Semnificațiile pentru S, SM și H_s sînt aceleași ca în tabelul 9.2.

9.11. Traversări și apropieri față de benzi transportoare

Se iau aceleași distanțe minime și măsuri de siguranță ca la conductele supraterane de fluide necombustibile (tabelele 9.9 și 9.10).

9.12. Traversări și apropieri față de conducte subterane

Distanța pe orizontală de la cea mai apropiată fundație sau orice element al prizei de pământ al LEA la peretele conductei va fi:

0,2 m pentru LEA cu $U_n \leq 1$ kV;
2,0 m pentru LEA cu $U_n > 1$ kV, însă:
5,0 m pentru conducte cu fluide combustibile și înălțimea stîlpului deasupra solului pentru conducte de transport gaze combustibile.

9.13. Traversări și apropieri față de depozite, clădiri și instalații cu pericol de incendiu sau de explozii

Sînt interzise traversările LEA peste depozite deschise de substanțe combustibile, peste depozite închise de substanțe cu pericol de explozie și incendiu, precum și peste instalații de foraj și extracție de petrol și gaze naturale.

În cazul apropierilor, se vor respecta următoarele distanțe minime pe orizontală:

1) *Pentru depozite deschise:* înălțimea stîlpului deasupra solului plus 3 m (dar minimum 20 m) între axul liniei și peretele depozitului.
2) *Pentru rezervoare de depozite de lichide sau gaze combustibile:* înălțimea stîlpului deasupra solului (la *LEA* cu $U_n \leq 1$ kV) și 1,5 ori înălțimea stîlpului deasupra solului (la *LEA* cu $U_n > 1$ kV), dar nu mai puțin de 20 m între axul liniei și marginea rezervorului sau depozitului.
3) *Pentru instalații de foraj și extracție petrol și gaze naturale:* 1,5 ori înălțimea stîlpului de la axul liniei la limita zonei în care există mediu cu pericol de explozie.

9.14. Trecerea *LEA* cu $U_n > 1$ kV prin zone cu circulație frecventă

Se prevăd distanțele minime și măsurile de siguranță din tabelul 9.13.

Tabelul 9.13

Trecerile *LEA* cu $U_n > 1$ kV prin zone cu circulaţie frecventă

Tensiunea nominală U_n a liniei [kV]		Distanţele minime pe verticală între conductorul inferior al *LEA* la săgeata maximă şi sol [m]	Măsurile de siguranţă
$1 < U_n \leq 110$	*LEA* echipată cu izolatoare suport	7,00	Deschiderile reale la vînt şi sarcini verticale nu vor depăşi 80% din cele de calcul Prinderea conductorului cu legături duble Secţiunile minime de conductoare sînt conform tabelului 9.1
	LEA echipată cu lanţuri de izolatoare	8,0	Siguranţă mărită conform tabelului 9.1 Lanţuri duble de izolatoare
$U_n = 220$ $U_n = 400$		9,00	

9.15. Trecerea prin zone cu culturi pe spaliere metalice şi peste îngrădiri metalice

Se prevăd distanţele minime şi măsurile de siguranţă din tabelul 9.14.

Tabelul 9.14

Trecerile *LEA* peste culturile pe spaliere metalice şi peste îngrădirile metalice

Tensiunea nominală U_n a liniei [kV]		Distanţele minime pe verticală dintre conductorul *LEA* la săgeata maximă şi:		Măsurile de siguranţă
		Sol [m]	Partea superioară a spalierului sau îngrădirii [m]	
$U_n \leq 1$		—	1,50	—
$1 < U_n \leq 110$	*LEA* echipată cu izolatoare suport	6,00	3,00	Deschiderile reale la vînt şi sarcini verticale nu vor depăşi 80% din cele de calcul Nivelul de izolaţie mărit şi izolatoare de tip nestrăpungibil Secţiunile minime sînt conform tabelului 9.1. Legături duble
	LEA echipată cu lanţuri de izolatoare	6,00	3,00	Siguranţă mărită (tabelul 9.1), exclusiv interzicere înnădiri Nivel de izolaţie mărit
$U_n = 220$ $U_n = 400$		7,00 8,00	4,00 5,00	

Tabelul 9.15

Traversările *LEA* cu $U_n > 1$ kV peste clădiri

Tipul clădirii	Tensiunea nominală U_n a liniei [kV]	Condițiile de calcul	Distanța dintre conductorul *LEA*, în orice poziție și clădire [m]		Măsurile de siguranță
			Orice parte a clădirii	Antena radio sau TV	
Clădiri locuite	$1 < U_n < 110$	Trecerea peste clădiri interzisă			
	$U_n = 110$	f_m R_c	4,0 3,00	3,00 2,00	La *LEA* : — *SM* — *LDI* *La clădiri :* acoperișurile metalice se leagă la pământ
	$U_n = 220$	f_m R_c	5,00 4,00	4,00 3,00	
	$U_n = 400$	f_m R_c	7,00 5,00	5,00 4,00	
Clădiri nelocuite	$1 < U_n < 110$ $U_n = 110$ $U_n = 220$ $U_n = 400$	f_m f_m f_m f_m	3,00 3,00 4,00 6,00	— — — —	*La LEA :* — nivel de izolație mărit — interzicerea înnădirilor

Notă. Semnificațiile pentru f_m; R_c; *SM* și *LDI* sînt aceleași ca în tabelul 9.2.

9.16. Traversări și apropieri de clădiri ale *LEA* cu $U_n > 1$ kV

Pe cît posibil trebuie evitate traversările LEA peste clădiri locuite sau nelocuite. Traversările peste clădiri se pot admite numai în cazuri obligate, pentru linii cu tensiuni de la 110 kV în sus, cu acordul forului superior al organului de exploatare LEA și luînd măsurile de siguranță din tabelul 9.15. O condiție suplimentară este ca acoperișul clădirii să fie necombustibil.

Apropierile LEA de clădiri se vor trata conform tabelului 9.16.

Tabelul 9.16

Apropierile *LEA* cu $U_n > 1$ kV de clădiri

Tensiunea nominală U_n a liniei [kV]	Distanțele minime de apropiere D, în m, dintre conductorul extrem al *LEA* la deviația maximă și cea mai apropiată parte a clădirii la:	
	Clădiri locuite	Clădiri nelocuite
$1 < U_n \leqslant 20$	3,00	3,00
$20 < U_n \leqslant 110$	4,00	3,00
$U_n = 220$	5,00	4,00
$U_n = 400$	7,00	6,00

Notă. Distanțele de apropiere mai mici decît cele din tabel se tratează ca traversări.

Prin clădiri locuite se înțeleg clădirile industriale, locuințele și clădirile anexe ale gospodăriilor situate în perimetrul circulat al curților.

Prin clădiri nelocuite se înțeleg cele de importanță secundară situate în afara perimetrului circulat al curților (grajduri, cotețe, hambare, magazii, ghețării etc.) și care nu sînt destinate adăpostirii permanente de oameni și animale.

9.17. Traversări și apropieri de clădiri ale *LEA* cu $U_n \leqslant 1$ kV

Traversarea liniilor de joasă tensiune peste clădiri este interzisă, cu excepția liniilor cu conductoare torsadate, care pot traversa clădiri civile cu pereți și acoperișuri necombustibile, *respectînd distanțele minime din fig. 9.1.* În ceea ce privește apropierile:

— față de clădirile cu pericol de incendiu de categoriile *A* și *B* (Normativul ID 7) distanța minimă de apropiere trebuie să fie de 1,5 ori înălțimea celui mai înalt stîlp din zona de apropiere, dar nu mai puțin de 20 m;

— față de clădirile cu pericol de incendiu de categoriile *C*, *D* și *E* și față de clădirile civile trebuie respectate distanțele din fig. 9.1 pentru conductoare torsadate (cu excepția clădirilor cu pereți exteriori și învelitori din materiale combustibile) și din fig. 9.2 pentru liniile cu conductoare neizolate;

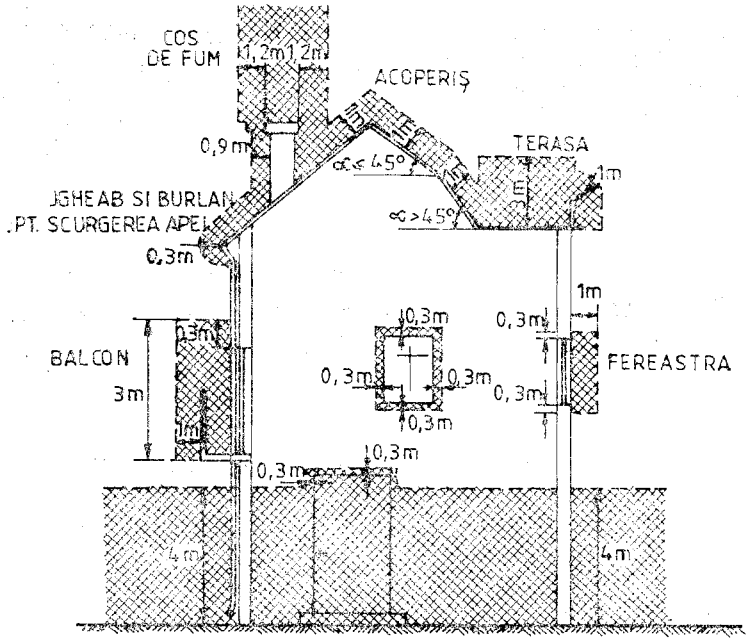


Fig. 9.1. Distanțe minime admisibile la diferite elemente ale unei clădiri în cazul liniilor cu conductoare izolate torsadate.

NOTĂ: Este interzisă montarea de conductoare în porțiunile poșate.

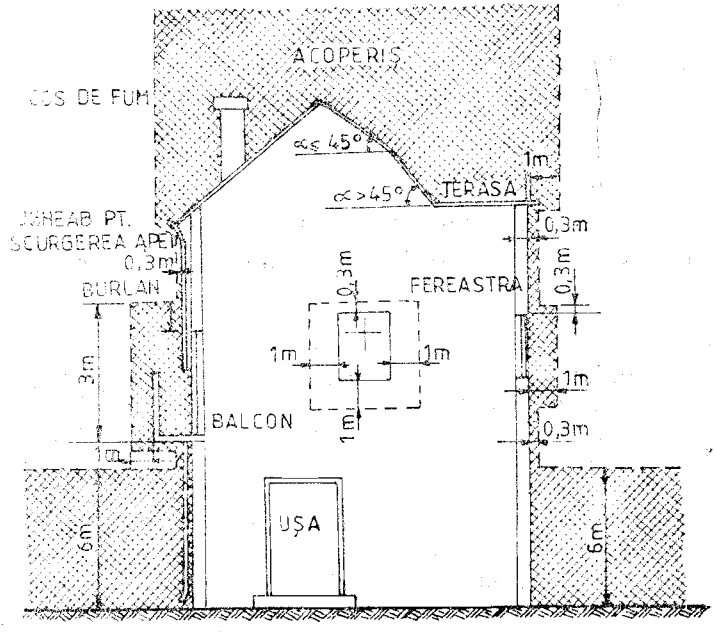


Fig. 9.2. Distanțe minime admisibile la diferite elemente ale unei clădiri în cazul liniilor cu conductoare neizolate.

NOTĂ: Este interzisă montarea de conductoare în porțiunile poșate.

— se pot monta linii cu conductoare torsadate pe clădiri civile și pe clădiri cu pericol de incendiu *C*, *D* și *E*, respectîndu-se distanțele minime din fig. 9.1; în cazul în care elementele de clădire sînt din materiale combustibile montarea conductoarelor torsadate este permisă numai intercalînd între ele materiale necombustibile (straturi de tencuială, fișii de asbest etc.).

9.18. Traversări, treceri și apropieri față de poduri, diguri și baraje

Traversările și trecerile se vor trata conform tabelului 9.17.

La liniile de înaltă tensiune apropierile respective se tratează ca treceri, dacă distanța reală între conductorul extrem al *LEA* și orice parte a construcției este mai mică decît:

5,0 m pentru $U_n \leq 110$ kV;

6,0 m pentru $U_n = 220$ kV;

7,0 m pentru $U_n = 400$ kV.

Pentru linii de joasă tensiune distanța minimă față de poduri este:

2,0 m pentru *LEA* cu conductoare neizolate;

0,3 m pentru *LEA* cu conductoare torsadate, iar la baraje și diguri distanța minimă pînă la suprafața oblică a acestora este de 2 m.

9.19. Traversări și apropieri față de ape și cursuri de ape

Distanțele minime și măsurile de siguranță prescrise pentru traversările liniilor de înaltă tensiune peste ape sînt prevăzute în tabelul 9.18. Pentru apropieri de cursuri de apă nenavigabile nu sînt prevăzute restricții; pentru cele navigabile se iau măsurile prevăzute în tabelul 9.4 (drumuri).

Pentru liniile de joasă tensiune se recomandă evitarea trecerii peste zone de apă navigabile, aceasta urmînd să se facă pe poduri, fie în cablu, fie cu circuite aeriene pe console. În caz că traversarea în afara podurilor nu poate fi evitată se iau măsuri de *„siguranță mărită"*, iar distanța minimă pe verticală prescrisă între conductoarele LEA la săgeata maximă pînă la gabaritul maxim al vaselor, la nivelul maxim al apelor este de 1 m.

Tabelul 9.17

Traversările şi trecerile *LEA* peste poduri, diguri şi baraje

Tipul construcţiei	Tensiunea nominală U_n a liniei [kV]	Distanţele minime [m]		Măsurile de siguranţă
		d_1	d_2	
Poduri	$U_n \leqslant 1$	Nu se admit traversări peste poduri		
	$1 < U_n \leqslant 110$ $U_n = 220$ $U_n = 400$	7,00 8,00 9,00	3,00 4,00 5,00	La traversări în funcţie de destinaţia podului, măsurile sînt conform tabelelor 9.2, 9.3 sau 9.13 La treceri: — *SM* — *LDI* — *LEA* montată în afara gabaritelor CF, a zonelor carosabile sau a celor cu pietoni — stîlpi de întindere
Diguri şi baraje accesibile circulaţiei auto (numai categ. *IV*)	$U_n \leqslant 1$	Se respectă distanţele de traversare peste drumuri		Dacă circulaţia este permanentă se iau măsuri ca la poduri
	$1 < U_n \leqslant 110$ $U_n = 220$ $U_n = 400$	6,00 7,00 8,00	3,00 4,00 5,00	
Diguri şi baraje accesibile numai circulaţiei pedestre	$U_n \leqslant 1$	Se respectă distanţele de traversare peste drumuri		
	$1 < U_n \leqslant 110$ $U_n = 220$ $U_n = 400$	5,00 6,00 7,00	3,00 4,00 5,00	

Notă:

1) Semnificaţiile pentru *SM* şi *LDI* sînt aceleaşi ca în tabelul 9.2.

2) Prin trecere se înţelege amplasarea *LEA* de-a lungul podurilor, digurilor sau barajelor. Trecerile sînt permise numai cu acordul autorităţilor competente.

d_1 — distanţa pe verticală între conductorul *LEA* la săgeata maximă şi partea circulată a podului, digului sau barajului [m];

d_2 — distanţa reală între conductorul *LEA* în orice poziţie şi orice parte a construcţiei [m].

Tabelul 9.18

Traversările *LEA* cu $U_n > 1$ kV peste ape și cursuri de apă

Specificul cursurilor sau acumulărilor de apă	Distanțele minime pe verticală dintre conductorul inferior al *LEA* la săgeata maximă și nivelul maxim al apei [m]			Distanțele minime pe orizontală dintre fundația stîlpului și mal [m]	Măsurile de siguranță
	$U_n \leq 110$ kV	$U_n = 220$ kV	$U_n = 400$ kV		
APE NENAVIGABILE					
În zonele localităților și în zonele amonte ale lucrărilor hidrotehnice dispuse transversal pe albie	7,00	8,00	9,00	Nu se impune	—
În celelalte zone	5,00	6,00	7,00		
APE NAVIGABILE					
Care permit navigația maritimă	$G + 1{,}00$	$G + 2{,}00$	$G + 4{,}00$	25	Siguranță mărită Lanțuri duble de izolatoare Locurile de traversare marcate conform prescripțiilor navigației civile
Cu navigație fluvială				20	
Rîuri și canale navigabile cu trafic intens				15	
Rîuri și canale navigabile cu trafic redus				10	
Lacuri de acumulare				20	

G — gabaritul de liberă trecere al navelor se fixează în funcție de specificul navigației, de comun acord cu autoritățile competente.

9.20. Alte traversări

La trecerea LEA prin păduri și terenuri agricole trebuie luate măsurile prevăzute în „Decretul nr. 237/1978 pentru stabilirea normativelor privind sistematizarea, amplasarea, construirea și repararea liniilor electrice care trec prin păduri și prin terenuri agricole" și normativul MEE PE—123.

La trecerea LEA prin zone irigate se vor lua măsurile prevăzute în „Instrucțiunile privind reglementarea coexistenței LEA cu tensiuni peste 1 kV cu instalațiile de irigații", elaborate de MEE în colaborare cu MAIA.

Este interzisă traversarea LEA peste aeroporturi, peste instalațiile de telecomunicații de înaltă frecvență (radio, TV etc) și peste terenuri de sport.

Apropierile LEA de cele de mai sus se tratează de comun acord cu organele interesate, ținînd seama de normativele specifice fiecăruia.

10. ILUMINATUL PUBLIC

10.1. Generalități. Definiții

Iluminatul public al străzilor, piețelor, parcurilor, aleilor din localitățile urbane și rurale urmărește atît orientarea și circulația în siguranță pe timp de noapte a vehiculelor și pietonilor, cît și crearea unui mediu ambiant corespunzător în orele fără lumină naturală.

Principalele elemente ale iluminatului public sînt: lămpile electrice (sursele de lumină), corpurile de iluminat, suporții, punctele de aprindere și rețelele de iluminat public, care pot fi aeriene sau subterane.

Sursa luminoasă este în prezent mai puțin becul cu incandescență și mai mult lămpile cu descărcări în gaze: lămpi cu vapori de mercur și de sodiu, tuburi fluorescente.

Corpul de iluminat este aparatul care distribuie, filtrează sau transformă lumina emisă de una sau mai multe lămpi și care cuprinde toate dispozitivele necesare pentru sprijinirea, fixarea și protejarea lămpilor și, dacă este necesar, circuitele auxiliare și mijloacele de conectare la rețea.

Iluminatul poate fi direct, semidirect, mixt, semiindirect și indirect.

Iluminatul direct este iluminatul cu corpuri de iluminat care dirijează peste 90% din fluxul lor luminos spre planul util.

Iluminatul semidirect dirijează spre planul util 60—90% din fluxul luminos, iluminatul mixt 40—60%, iar iluminatul indirect sub 10%.

Fluxul luminos al unei surse de lumină este o mărime legată de fluxul energetic al unei radiații luminoase și este evaluat după senzația luminoasă pe care o produce, ținînd seama că ochiul omenesc percepe numai radiațiile emise în spectrul vizibil (380—780 nm). Unitatea de flux luminos este lumenul (simbol lm).

Intensitatea luminoasă a unei surse de lumină într-o direcție este raportul dintre fluxul luminos $d\Phi$ emis într-un unghi solid elementar $d\omega$ și acest unghi solid. Unitatea de intensitate luminoasă este candela (simbol cd).

Deși fluxul luminos este în fapt mărimea fundamentală în iluminat, dificultățile de realizare a unui etalon au făcut ca în sistemul internațional de unități (*SI*) să fie aleasă ca unitate fundamentală intensitatea luminoasă. Astfel candela se definește ca intensitatea luminoasă, într-o direcție dată, a unei surse care emite o radiație monocromatică cu frecvența de $540 \cdot 10^{12}$ hertzi și a cărei intensitate energetică în această direcție este de 1/683 wați pe steradian. În sistemul *SI* lumenul este definit ca fluxul

luminos emis în unitatea de unghi solid (steradian) de o sursă punctiformă și uniformă având intensitatea de o candelă.

Iluminarea E a unei suprafețe într-un punct al ei este raportul dintre fluxul luminos $d\Phi$ primit de o suprafață elementară din jurul acelui punct și aria ei ds:

$$E = d\Phi/ds.$$

Unitatea de măsură a iluminării în sistemul *SI* este luxul, care este definit ca iluminarea unei suprafețe care primește un flux luminos de un lumen, uniform repartizat pe 1 m^2.

Luminanța (strălucirea) L a suprafeței unei surse de lumină într-un punct al ei și într-o direcție dată (care formează cu normala la suprafață un unghi ε este raportul dintre intensitatea luminoasă dI_ε în acea direcție și aria $d\sigma$ a proiecției acestei suprafețe elementare pe un plan perpendicular pe direcția considerată:

$$L = dI_\varepsilon/d\sigma = dI_\varepsilon/ds \cos \varepsilon.$$

Unitatea de luminanță în sistemul *SI* este nitul (nt) sau candela pe m^2 și reprezintă luminanța uniformă a unei suprafețe plane de 1 m^2 a cărei intensitate luminoasă în direcție normală pe suprafață este de o candelă.

Luminanța este o mărime fotometrică ce servește pentru aprecierea surselor de radiații luminoase care influențează direct ochiul omenesc (fenomenul de orbire).

Eficacitatea luminoasă a unei lămpi (surse de lumină) este raportul dintre fluxul luminos al lămpii și puterea electrică pe care o consumă lampa și se exprimă în lm/W.

Curba de distribuție unghiulară a intensității luminoase este curba, în general polară, prin care se reprezintă intensitatea luminoasă într-un plan care trece prin sursa de lumină, în funcție de unghiul pe care îl formează vectorul intensității luminoase cu o direcție dată.

Flux luminos emisferic superior (inferior) al unei surse de lumină este fluxul luminos emis deasupra (dedesubt) unui plan orizontal ce trece prin sursa de lumină.

Randamentul luminos al unui corp de iluminat este raportul între fluxul luminos emis de corpul de iluminat și fluxul luminos emis de lampă.

Flux luminos util este fluxul luminos primit pe una din fețele suprafeței de referință.

Factorul de utilizare a fluxului luminos al lămpii (corpului de iluminat) este raportul dintre fluxul luminos util și fluxul luminos emis de lampă (corpul de iluminat).

10.2. Surse de lumină

Ca surse de lumină pot fi folosite lămpi cu incandescență, lămpi cu vapori de mercur, lămpi cu vapori de sodiu, tuburi fluorescente.

10.2.1. **Lămpi cu incandascență**

Sînt folosite din ce în ce mai puțin în ultimul timp la iluminatul public.

Caracteristicile lor principale:

— nu sînt economice, avînd o eficacitate luminoasă redusă (8—20 lm/W);

— au o luminanță mare ($2 \cdot 10^6 \ldots 12 \cdot 10^6$ cd/m^2) provocînd cu ușurință fenomenul de orbire;

— au o componență spectrală tinzînd spre galben și roșu, denaturînd culorile naturale;

— au o temperatură de culoare scăzută, putînd asigura iluminări cu valori mici (pînă la 100 lx);

— au o durată de utilizare de circa 1000 h;

— variațiile de tensiune au influență mare asupra fluxului luminos, a eficacității luminoase și a duratei de utilizare;

— se pot racorda direct la rețea, asigurînd aprinderea și stingerea instantanee.

La iluminatul public lămpile cu incandescență se mai utilizează în zonele urbane periferice și în cele rurale, (lămpi cu puteri între 40 și 220 W cu fasung 27/27).

10.2.2. **Lămpi fluorescente**

Sînt lămpi tubulare cu descărcări în argon și vapori de mercur de joasă presiune, sticla lămpii fiind acoperită cu o substanță fluorescentă (luminofor).

Au următoarele caracteristici:

— eficacitate luminoasă mare (30—70 lm/W);

— luminanță redusă;

— durată de funcționare mare (6500 h);

— spectrul fluxului luminos deformează culorile;

— fluxul luminos și spectrul radiațiilor este puțin dependent de tensiune;

— prezintă un efect stroboscopic supărător (poate fi diminuat prin legarea pe faze diferite ale circuitelor trifazice);

— racordarea la rețea nu se poate face direct, în circuitul respectiv montîndu-se un balast și un condensator la tipul LFR (fig. 10.1), în plus un starter la tipurile LFA.

În iluminatul public se întrebuințează relativ puțin: pasaje rutiere, iluminat ornamental, panouri.

Tipul de lampă fluorescentă este LFR—40 avînd caracteristicile:

— puterea nominală 40 W;
— curentul nominal de regim 0,43 A;
— fluxul luminos nominal minim 2050 lm;
— durata nominală 6500 h;
— diametrul 38 mm;
— lungimea 1200 mm;

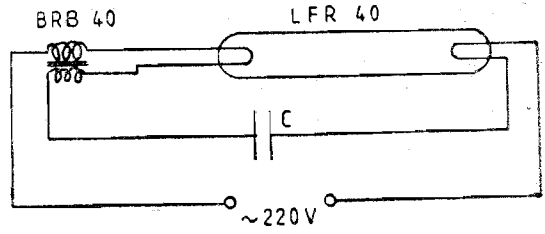


Fig. 10.1. Schema de montaj a lămpii fluorescente LFR-40.

— aprinderea este asigurată pentru un interval de temperatură cuprins între —15 °C şi +50 °C;
— balast tip BRB—40;
— condensator 5 ± 1F; 380 V.

10.2.3. Lămpi cu descărcări în vapori de mercur de înaltă presiune cu balon fluorescent

La aceste lămpi presiunea în interiorul tubului este ridicată (cîteva atmosfere). Aprinderea se face fără starter, cu ajutorul unuia sau a doi electrozi auxiliari. Legătura la reţea se face folosind un balast şi un condensator (fig. 10.2, *a*, *b*).

Lămpile cu vapori de mercur de înaltă presiune au o eficacitate luminoasă ridicată (34—46 lm/W), durată de funcţionare mare (≈ 6000 h), volum mic faţă de alte lămpi de aceeaşi putere, suportă bine supratensiuni de pînă la 20%.

Ca dificultăţi se pot nota:

— au luminanţă mare necesitînd înălţimi de montaj de peste 6 m;
— nu redau corect culorile;
— au un efect stroboscopic pronunţat;

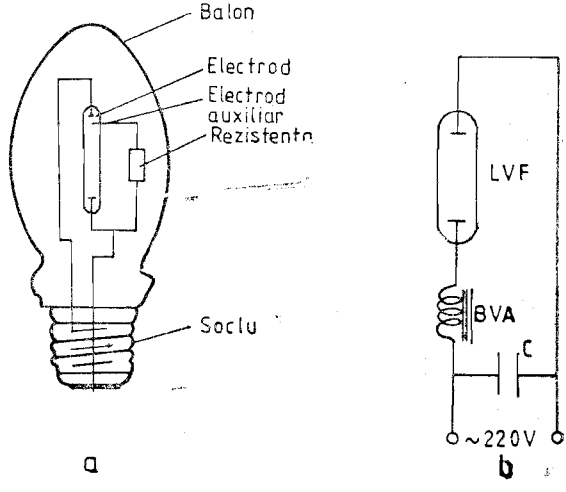


Fig. 10.2. Lampă cu vapori de mercur de înaltă presiune (*a*) şi schema de montaj a acesteia (*b*).

— tensiunea şi timpul de amorsare depind de temperatură: astfel la —15°C amorsarea se face în max. 15 s, iar la —25°C se face în max. 60 s de la aplicarea tensiunii;

— timpul de intrare în regim este de circa 15 min.

În tabelul 10.1 se dau principalele caracteristici ale lămpilor cu vapori de mercur utilizate în iluminatul public şi în tabelul 10.2 caracteristicile balasturilor.

Tabelul 10.1

Lămpile cu vapori de mercur de înaltă presiune cu balon fluorescent

Caracteisticile tehnice	UM	Tipul lămpii			
		LVF 80	LVF 125	LVF 250	LVF 400
Tensiunea nominală	[V]	220	220	220	220
Puterea nominală	[W]	80	125	250	400
Fluxul luminos nominal	[Lm]	3100	5500	11750	20500
Tensiunea de amorsare	[V]	180	180	180	180
Curentul nominal	[A]	0,8	1,15	2,15	3,25
Timpul de intrare în regim	[min]	15	15	15	15
Durata de funcţionare nominală	[h]	6000	6000	6000	6000
Lungimea maximă, inclusuiv soclul	[mm]	156	177	223	290
Diametrul maxim	[mm]	70	76	91	121
Soclul	—	E 27/30	E 27/30	E 40/45	E 40/45
Balastul utilizat	—	BVA 80	BVA 125	BVA 250	BVA 400

Tabelul 10.2

Balasturile lămpilor cu vapori de mercur de înaltă presiune

Caracteristiic tehnice	UM	Tipul balastului			
		BVA 80	BVA 125	BVA 250	BVA 400
Tensiunea nominală	[V]	220	220	220	220
Tensiunea de reglaj	[V]	170	158	149	144
Puterea absorbită	[W]	13	16	22	28
Factorul de putere	—	0,5	0,5	0,55	0,6
Capacitatea condensatorului montat în paralel	[μF]	6,3	10	20	25
Lungimea	[mm]	130	155	168	150
Lăţimea	[mm]	67	67	87	95
Înălţimea	[mm]	93	93	98	117
Masa	[kg]	1,6	2,7	4,4	5,2

10.2.4. Lămpi cu vapori de sodiu de înaltă presiune

Sînt lămpi asemănătoare cu lămpile cu vapori de mercur. Au o eficacitate luminoasă foarte mare (80—108 lm/W), dar şi o luminanţă foarte ridicată, ceea ce conduce la înălţimi mari de montaj pentru a evita fenomenul de orbire. Au o durată mare de funcţionare ($\approx$ 8000 h). Lămpile cu

vapori de sodiu intră în regim normal de funcţionare după un timp de 5—10 min de la punerea sub tensiune.

Lampa poate fi de formă elipsoidală (tipurile LPN) cu un strat difuzant pe partea interioară sau de formă tubulară din sticlă clară (tipul LPNT). În tabelul 10.3 se dau caracteristicile lămpilor LPN folosite îm iluminatul public, în special în zonele cu ceaţă frecventă sau cu degajări de fum.

Tabelul 10.3

Lămpile cu vapori de sodiu de înaltă presiune

Caracteristici tehnice	UM	Tipul lămpii		
		LPN 175	LPN 250	LPN 400
Tensiunea nominală	[V]	220	220	220
Puterea nominală	[W]	175	250	400
Tensiunea pe lampă	[V]	100±15	100±15	105±15
Fluxul nominal	[Lm]	14000	23000	41000
Durata de funcţionare nominală	[h]	8000	8000	8000
Lungimea	[mm]	227	227	292
Diametrul maxim	[mm]	92	92	121
Soclul	—	E 40	E 40	E 40
Balastul utilizat	—	BNA 175	BNA 250	BNA 250
Pierderi în balast	[W]	2,15	3,00	4,4
Dispozitivul electronic de amorsare	—	DA 0,5	DA 0,5	DA 0,5

Lămpile cu vapori de sodiu se conectează la reţea în circuit cu un dispozitiv de amorsare, care produce impulsuri de înaltă tensiune (3,4—5 kV) şi un dispozitiv de stabilizare a descărcării.

10.3. Corpuri de iluminat

Există în exploatare o diversitate de corpuri de iluminat public. În prezent se execută corpuri de iluminat cu randamente superioare, care folosesc mai ales lămpi cu vapori de mercur şi de sodiu.

În general un corp de iluminat modern se compune dintr-o armătură metalică împărţită în două compartimente: unul pentru subansamblul optic, iar celălalt pentru aparatajul de aprindere.

Compartimentul optic cuprinde un sistem de reflectoare şi dulia pentru lampă; compartimentul aparatajului de aprindere este format dintr-o carcasă în care se montează aparatura electrică şi sistemul de fixare a corpului de iluminat.

Corpurile de iluminat pot fi construite pentru una, două sau mai multe lămpi.

Corpurile de iluminat se caracterizează printr-o serie de caracteristici şi parametri, din care menţionăm:

— curba de distribuţie a intensităţii luminoase; în general aceasta este simetrică în raport cu planul vertical ce conţine axa de simetrie a corpului de iluminat;

— randamentul luminos al corpului de iluminat definit prin raportul între fluxul luminos emis de corpul de iluminat și cel primit de la lampa ce se montează în corp;

— unghiul de protecție este unghiul ce determină zona din spațiu în care ochiul nu poate privi direct elementele de lumină supărătoare ale sursei;

— factorul de depreciere este raportul între fluxul emis de corpul de iluminat în timpul exploatării și fluxul inițial emis de același corp de iluminat; fluxul emis scade în timp datorită depunerilor de praf pe corpul de iluminat și deprecierii caracteristicilor fotometrice ale acestuia;

— gradul de protecție la pătrunderea prafului și a apei;

— parametri fotometrici: luminanță, culoare, distribuția fluxului uminos;

— parametri mecanici: rezistență la lovituri, șocuri și vibrații;

— parametri fizici: rezistență la variații de temperatură, umiditate, praf, incendiu;

— parametri economici: cost, fiabilitate.

Corpurile de iluminat se pot clasifica după mai multe criterii:

1) *După forma de distribuire a intensităților luminoase:*

— cu distribuția concentrată într-un unghi de 0—65° în jurul axei;
— cu distribuție medie, într-un unghi de 0—75°;
— cu distribuție largă într-un unghi de 0—90°;
— cu distribuție oblică, asimetrică.

Alegerea modului de repartiție se face în funcție de categoria arterei de circulație.

2) *După procentajul din fluxul luminos pe care îl dirijează spre planul util* corpurile pot fi cu iluminat direct, semidirect, mixt, semiindirect și indirect.

În iluminatul exterior se folosesc mai ales corpuri cu iluminat direct, datorită avantajului din punct de vedere economic.

3) *După modul în care este protejată sursa de lumină* corpurile de iluminat pot fi deschise sau închise. În majoritatea cazurilor, în ultimul timp se folosesc la iluminatul exterior corpuri de iluminat închise.

Redăm în continuare caracteristicile corpurilor de iluminat pentru iluminatul public:

CORPURILE PVA (fig. 10.3 și tabelul 10.4)

Sînt corpuri pentru lămpi cu vapori de mercur fără apărător și se fabrică în *două tipuri:*

PVA — 2a — 1250 pentru o lampă de 250 W;
PVA — 2a — 1400 pentru o lampă de 400 W.

Se execută pentru montaj în prelungirea stîlpului. Grad de protecție IP13 (STAS 5325-70). Armătura este turnată din aliaj de aluminiu, iar reflectoarele sînt din tablă de aluminiu lustruită și eloxată.

Poziția duliei se poate regla în planul transversal și cel longitudinal, oferind posibilitatea repartiției dorite a fluxului luminos.

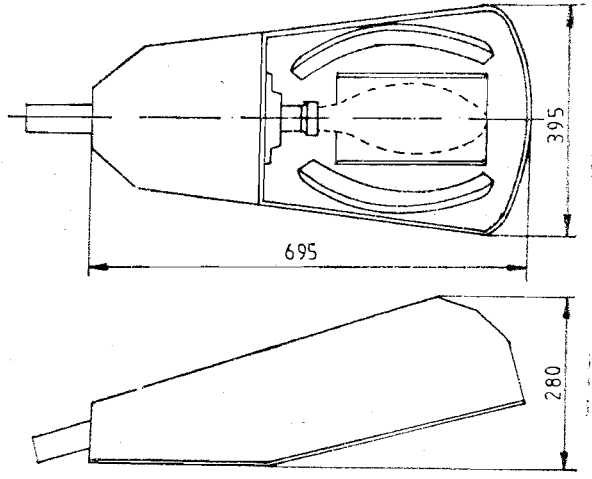


Fig. 10.3. Corp de iluminat tip PVA.

CORPURILE PVB (fig. 10.4 și tabelul 10.4)

Sînt corpuri pentru lămpi cu vapori de mercur, cu apărător de stiplex și se fabrică în *mai multe tipuri*, pentru una sau două lămpi, cu puteri între 80 și 1000 W.

Se execută pentru diferite montaje:

— în prelungirea stîlpului (*p*);
— în consolă (*c*);
— în montaj mixt (*p, c*);
— suspendat pe cablu (*s*);
— suspendat pe cablu cu posibilitatea de înclinare la 15° (sh).

Armătura se confecționează din tablă de aluminiu (PVB—8) sau se toarnă din aliaj de aluminiu (PVB—7); reflectoarele se execută din tablă de aluminiu lustruită și eloxată.

Gradul de protecție: IP 4.3 pentru compartimentul optic și IP 2.3 pentru compartimentul de aparataj.

Sistemul optic asigură o distribuție largă a fluxului luminos. Prin reglarea poziției duliei, distribuția poate fi adaptată la condițiile impuse de forma geometrică și de natura suprafeței de iluminat.

Pot fi echipate cu lămpi LFV cu vapori de mercur sau cu lămpi LFN cu vapori de sodiu (în acest caz au indicativul PVSB.)

CORPURI DE ILUMINAT PENTRU TUNELE

Se fabrică în *două tipuri:*

TPM—01—1250 pentru o lampă cu vapori de mercur de 250 W;

TPM—01—1400 pentru o lampă de 400 W.

Sînt destinate pentru iluminatul tunelelor și pasajelor subterane utilizate în circulația rutieră.

Se montează cu ajutorul a două suporturi reglabile, care permit înclinarea corpului între 0° și 20° (sr).

Gradul de protecție este IP 44.

Dimensiunile și caracteristicile principale sînt date în tabelul 10.4.

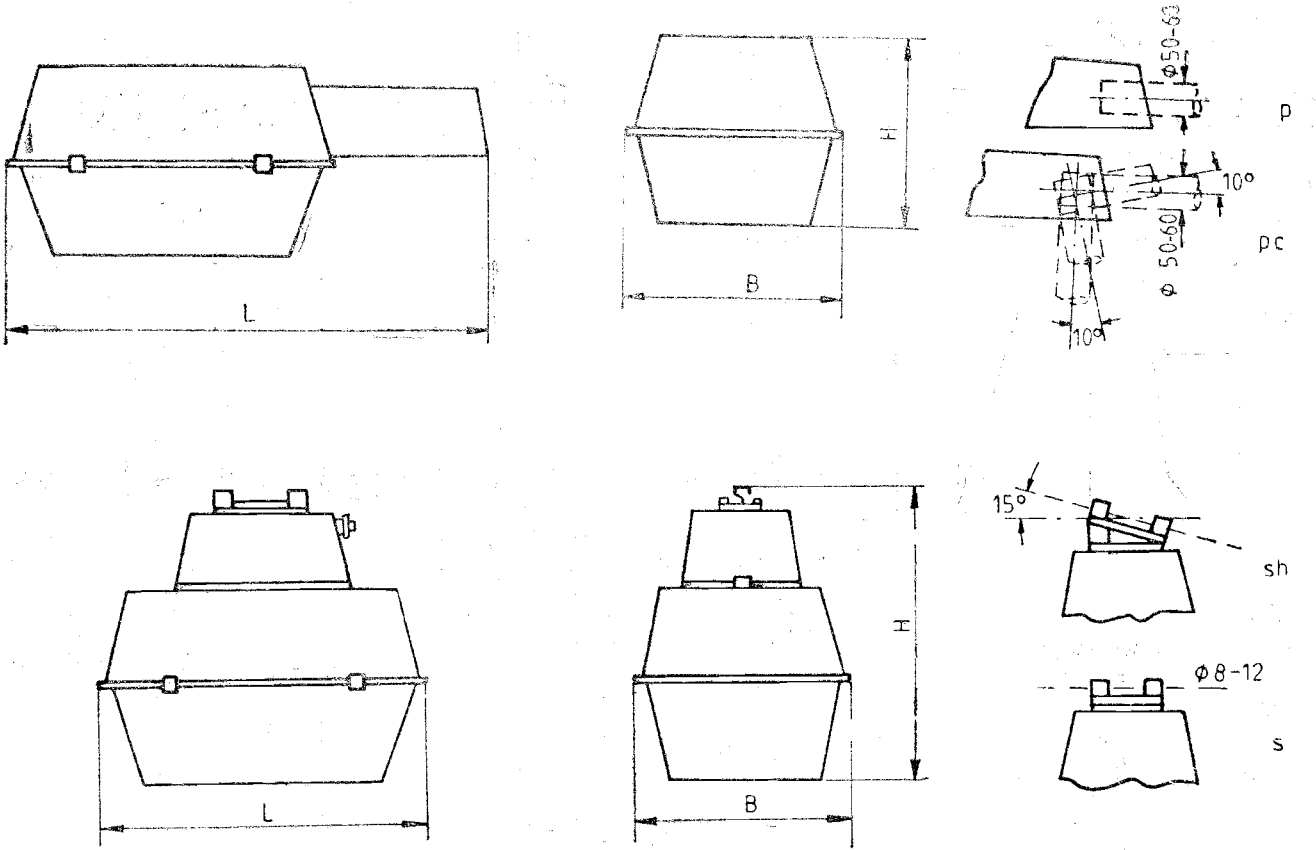


Fig. 10.4. Corpuri de iluminat tip PVB pentru lămpi cu vapori de mercur:
p — montare în prelungirea stîlpului; *p, è* — cu posibilitate dublă de montare (prelungire și consolă); *s, sh* — suspendat pe cablu, drept sau înclinat.

Tabelul 10.4

Corpurile de iluminat pentru străzi, şosele, pieţe şi pasaje subterane

Tipul corpului de iluminat	Numărul şi puterea lămpilor [W]	Tipul de prindere pe stîlp	Dimensiunile [mm]			Factorul de putere	Masa [kg]
			L	*B*	*H*		
1	2	3	4	5	6	7	8
PVA—2a—1250	1 × 250	*p*	695	395	280	0,96	12
PVA—2a—1400	1 × 400	*p*	695	395	280	0,92	12,5
PVB—7C—180	1 × 80	*p*, *c*	600	320	270	0,97	9
PVB—8C—180	1 × 80	*p*, *c*	600	320	270	0,97	7
PVB—7C—1125	1 × 125	*p*, *c*	600	320	270	0,89	8,5
PVB—8C—1125	1 × 125	*p*, *c*	600	320	270	0,89	7
PVB—7B—1250	1 × 250	*p*, *pc* *s*, *sh*	840 510	380 380	320 380	0,96 0,96	16 15
PVB—8B—1250	1 × 250	*p*, *pc* *s*, *sh*	840 510	380 380	320 380	0,96 0,96	13 12
PVB—7BM—1250	1 × 250	*p*, *pc* *s*, *sh*	760 510	365 365	300 485	0,96 0,96	12 11,5
PVB—7B—2125	2 × 125	*p*, *pc* *s*, *sh*	840 510	380 380	320 380	0,89 0,89	17 15,5
PVB—8B—2125	2 × 125	*p*, *pc* *s*, *sh*	840 510	380 380	320 380	0,89 0,89	14 12,5
PVB—7A—1125 + 1250	1 × 125 1 × 250	*p*, *pc* *s*, *sh*	990 630	430 430	350 565	0,94 0,94	20 19,5
PVB—8A—1125 + 1250	1 × 125 1 × 250	*p*, *pc* *s*, *sh*	990 630	430 430	350 565	0,94 0,94	16 15,5

Tabelul 10.4 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8
PVB—7A—2250	2 × 250	*p, pc* *s, sh*	990 630	430 430	350 565	0,96 0,96	22 21,5
PVB—8A—2250	2 × 250	*p, pc* *s, sh*	990 630	430 430	350 565	0,96 0,96	18 17,5
PVB—7A—1400	1 × 1400	*p, pc* *s, sh*	990 630	430 430	350 565	0,92 0,92	19,5 18,5
PVB—8A—1400	1 × 1400	*p, pc* *s, sh*	990 630	430 430	350 565	0,92 0,92	16,5 15,5
PVB—7D—2400 PVB—7E—11000 PVB—8E—11000	2 × 400 1 × 1000 1 × 1000	*p, pc* *p, pc* *p, pc*	1200 1050 1050	480 540 540	410 440 440	0,92 0,95 0,95	30 32 28
PVSB—7B—1250	1 × 250	*p, pc* *s, sh*	840 510	380 380	320 380	0,97 0,97	18 17
PVSB—8B—1250	1 × 250	*p, pc* *s, sh*	840 510	380 380	320 380	0,97 0,97	15 14
PVSB—7A—1400	1 × 1400	*p, pc* *s, sh*	990 630	430 430	350 565	0,92 0,92	22 20,5
PVSB—8A—1400	1 × 1400	*p, pc* *s, sh*	990 630	430 430	350 565	0,92 0,92	18 16,5
TM—01—1250 TM—01—1400	1 × 250 1 × 400	*sr* *sr*	600 600	550 550	350 350	0,96 0,92	16,5 17

Notă:

1) Corpurile de iluminat PVA, PVB și TM sînt pentru lămpi cu vapori de mercur; lămpile PVSB sînt pentru lămpi cu vapori de sodiu.

2) Modul de montare pe stîlpi:

p — în prelungirea stîlpului;
c — în consolă;
pc — cu posibilitate dublă de montare (consolă-prelungire);
s — suspendat pe cablu;
sh — suspendat pe cablu cu posibilditate e înclinare 15°;
sr — cu suport reglabil 0—20°.

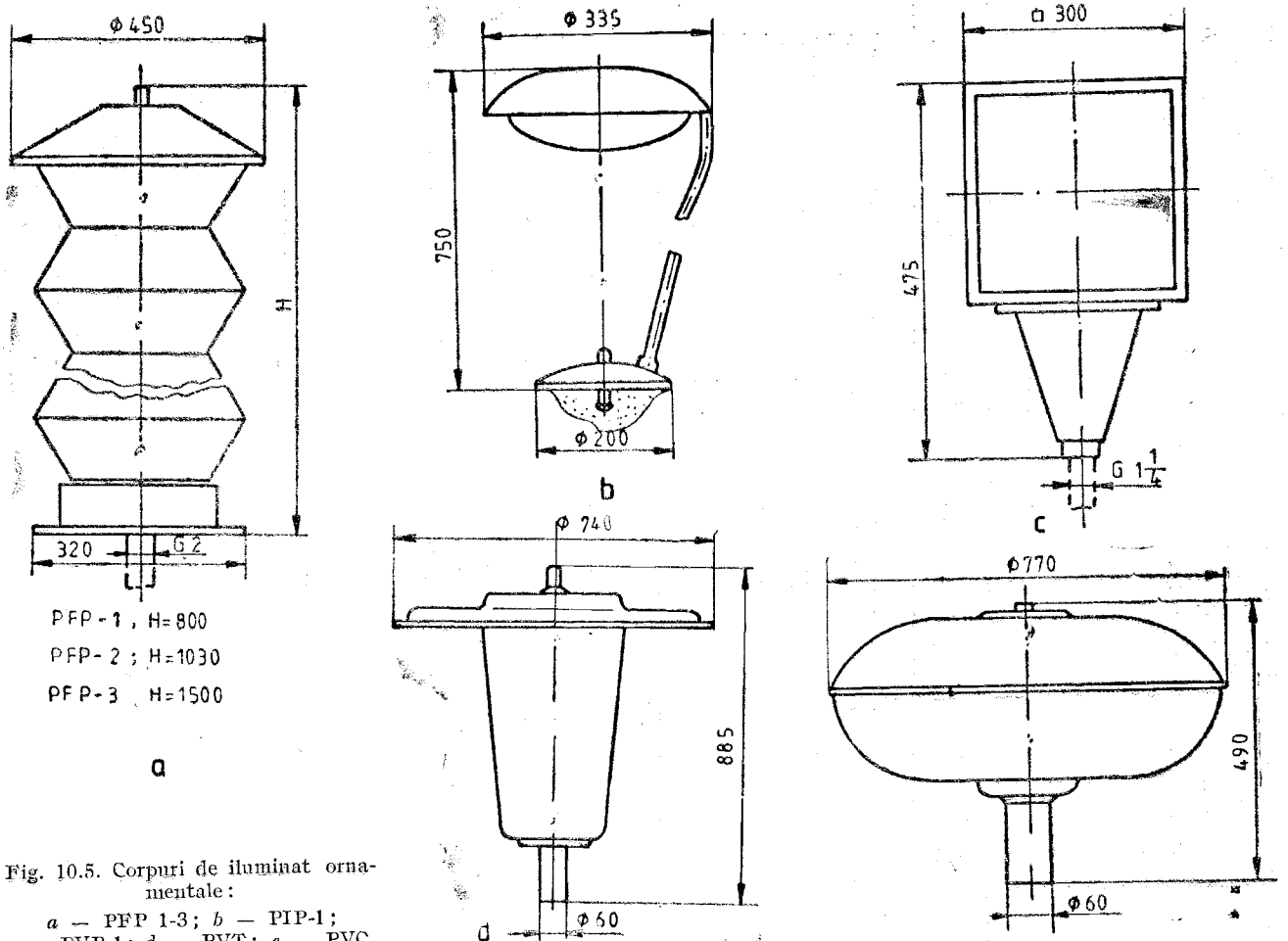


Fig. 10.5. Corpuri de iluminat ornamentale:
a — PFP 1-3; *b* — PIP-1;
c — PVP-1; *d* — PVT; *e* — PVC.

CORPURI DE ILUMINAT ORNAMENTALE

Sînt destinate iluminatului decorativ al parcurilor, spațiilor verzi, aleelor, teraselor și se montează la nivelul solului sau la înălțimi mici.

Există diferite tipuri de astfel de lămpi: PFP, PIP, PVP, PVT, PVC.

Forma generală și dimensiunile principale sînt date în fig. 10.5 și caracteristicile de bază în tabelul 10.5.

Tabelul 10.5

Corpurile de iluminat ornamentale

Tipul corpului de iluminat	Numărul și puterea lămpilor	Tipul lămpilor	Înălțimea H [mm]	Factorul de putere	Masa [kg]	Figura
PFP—1	4 × 20	Fluorescente	800	0,5	11,5	V. fig. 10.5,*a*
PFP—2	4 × 20	Fluorescente	1030	0,5	15	V. fig. 10.5,*a*
PFP—3	4 × 20	Fluorescente	1500	0,5	20	V. fig. 10.5,*a*
PIP—1	1 × 100	Incandescente	750	1	4,5	V. fig. 10.5,*b*
PVP—1	1 × 80	Vapori mercur	475	0,5	4	V. fig. 10.5,*c*
PVT—1125	1 × 125	Vapori mercur	885	0,5	20,5	V. fig. 10.5,*d*
PVT—1250	1 × 250	Vapori mercur	885	0,5	21	V. fig. 10.5,*d*
PVC—380	3 × 80	Vapori mercur	490	0,5	19	V. fig. 10.5,*e*
PVC—3125	3 × 125	Vapori mercur	490	0,5	21	V. fig. 10.5,*e*

CORPURI DE ILUMINAT PENTRU LĂMPI CU INCANDESCENȚĂ

Sînt în prezent mai puțin întrebuințate.

În fig. 10.6 sînt date dimensiunile principale și forma unui corp de iluminat de tip B pentru lămpi cu incandescență pînă la 200 W cu fasung E 27/27.

Curbele fotometrice ale principalelor corpuri de iluminat sînt date în figura 10.7.

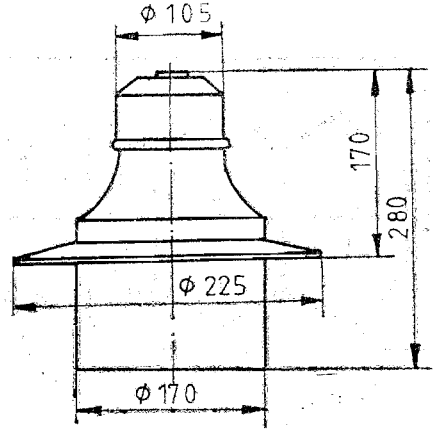
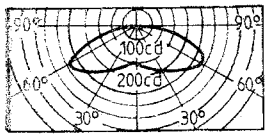
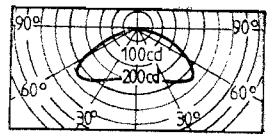


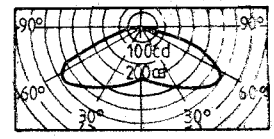
Fig. 10.6. Corp de iluminat tip B pentru lămpi cu incandescență.



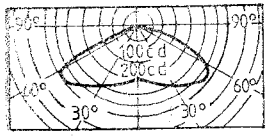
PVA - 2a - 1250



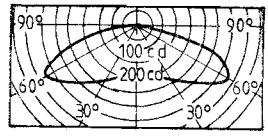
PVA - 2a - 1400



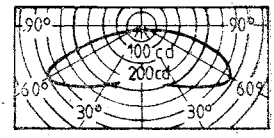
PVB - 7c - 180 , PVB - 8c - 180



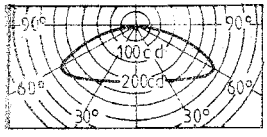
PVB - 7C - 1125 , PVB - 8C - 1125



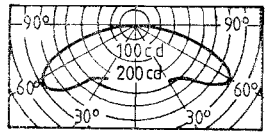
PVB - 7B - 1250 , PVB - 8B - 1250



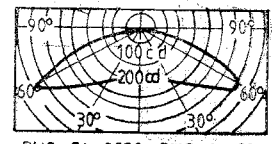
PVB - 7BM - 1250



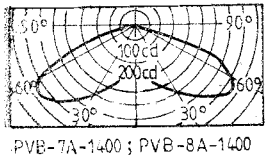
PVB - 7B - 2125 ; PVB - 8B - 2125



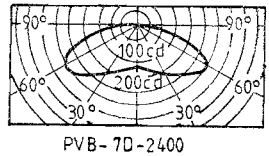
PVB - 7A - 1125 + 1250
PVB - 8A - 1125 + 1250



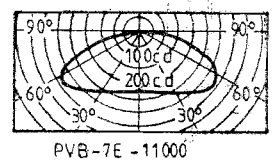
PVB - 7A - 2250 ; PVB - 8A - 2250



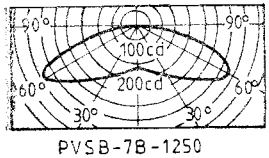
PVB - 7A - 1400 ; PVB - 8A - 1400



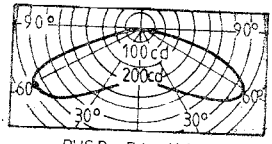
PVB - 7D - 2400



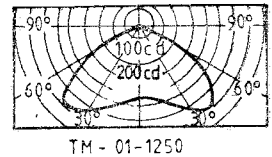
PVB - 7E - 11000
PVB - 8E - 11000



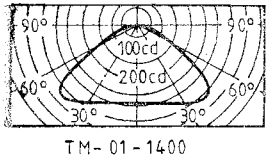
PVSB - 7B - 1250
PVSB - 8B - 1250



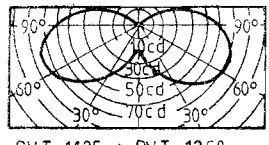
PVSB - 7A - 1400
PVSB - 8A - 1400



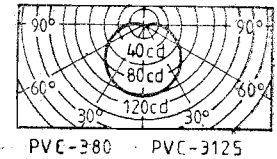
TM - 01 - 1250



TM - 01 - 1400



PVT - 1125 ; PVT - 1250



PVC - 380 PVC - 3125

Fig. 10.7. Curbele fotometrice ale diferitelor corpuri de iluminat.

10.4. Stîlpi

Instalaţiile de iluminat public se montează fie pe stîlpi speciali pentru iluminat, fie pe stîlpi de folosinţă comună, împreună cu reţeaua de distribuţie de joasă tensiune sau / şi cu reţeaua de transport în comun.

Se folosesc atît stîlpi din beton armat, cît şi stîlpi metalici. Pentru stîlpii de beton armat centrifugat a se vedea tabelul 6.8 (cap. 6).

Stîlpii metalici pot fi de diferite forme şi dimensiuni.

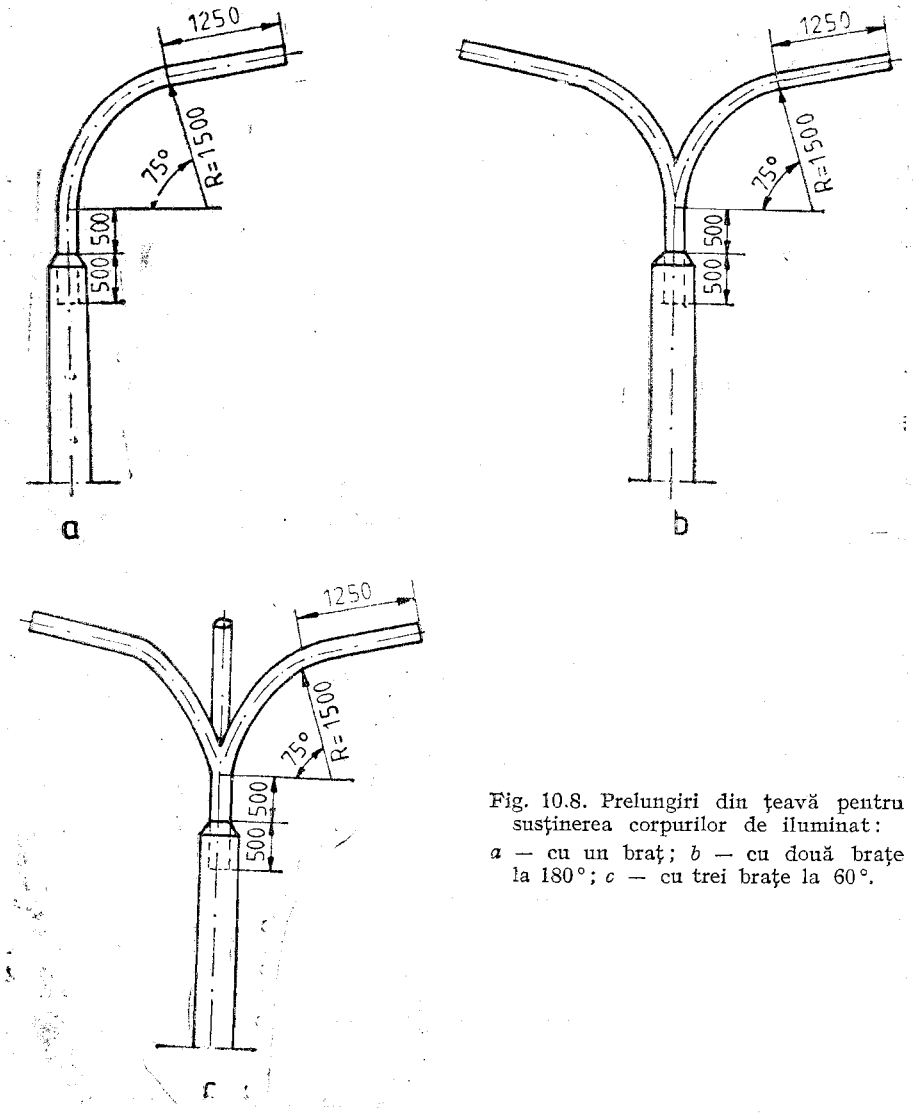


Fig. 10.8. Prelungiri din ţeavă pentru susţinerea corpurilor de iluminat:
a — cu un braţ; *b* — cu două braţe la 180°; *c* — cu trei braţe la 60°.

Tipurile cele mai răspîndite:

— stîlpi pentru iluminat tip *„lampadar"* de 5 m lungime dintr-o țeavă sau din două țevi sudate;

— stîlpi pentru iluminat tip *„Mannesman"* de 9—12 m lungime;

— stîlpi de folosință comună tip *„Mannesman"* de 10—14 m lungime.

Corpurile de iluminat se prind pe stîlpi prin intermediul unor prelungiri cu unul, două, trei sau patru brațe (fig. 10.8).

10.5. Puncte de aprindere

O rețea de iluminat public este alimentată cu energie electrică din unul sau mai multe puncte, al căror număr depinde de mărimea și importanța rețelei respective.

Aceste puncte, care au în componența lor tablourile de distribuție, cutiile terminale ale cablurilor și instalațiile de comandă și automatizare a aprinderii și stingerii iluminatului se numesc și *„puncte de aprindere"*. Ele pot fi montate în posturi de transformare sau în cabine (dulapuri) metalice speciale.

Schema de principiu a unui punct de aprindere este dată în fig. 10.9.

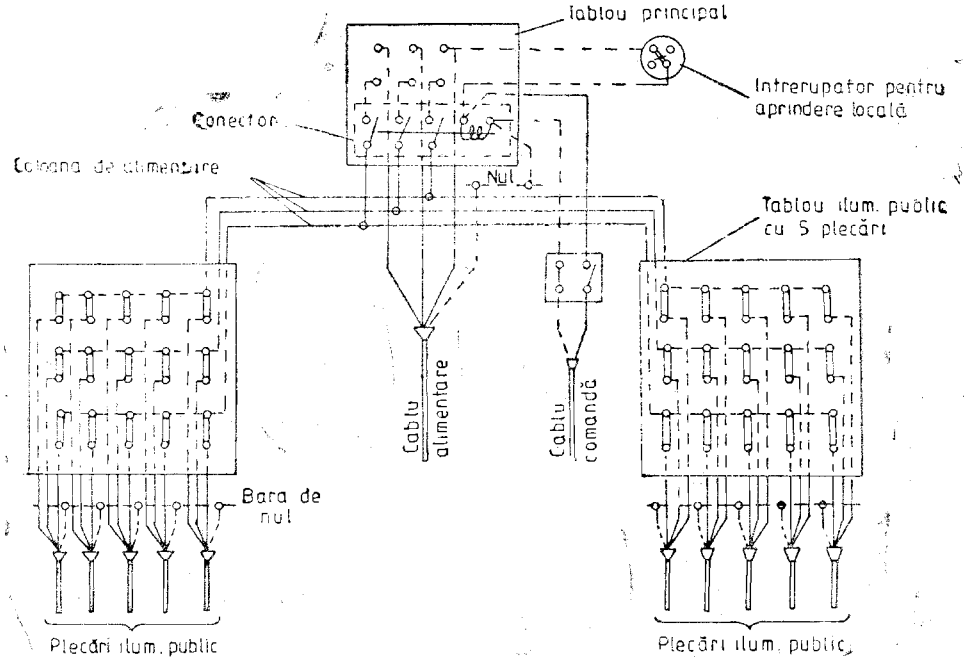


Fig. 10.9. Schema de principiu a unui punct de aprindere.

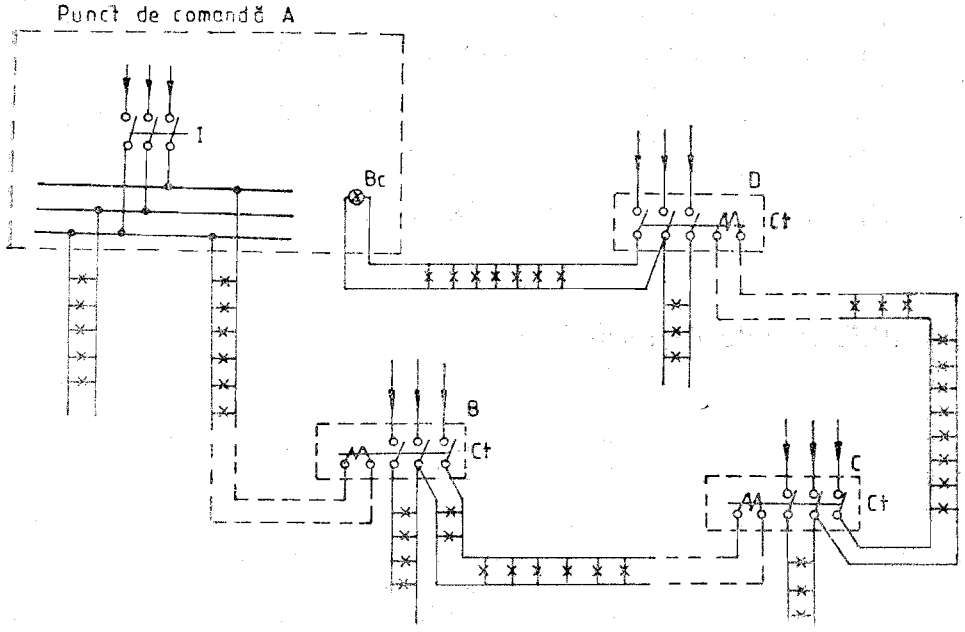


Fig. 10.10. Schema comenzii în cascadă a iluminatului public:
A-B-C-D- — sensul comenzilor; *I* — întrerupător de comandă; *Ct* — comutator; *Bc* — bec de control.

Stingerea și aprinderea instalațiilor de iluminat public se poate face manual (local sau de la distanță) sau automat, comanda în acest caz efectuîndu-se printr-un ceas de comandă sau prin celulă fotoelectrică.

Comanda se poate face pentru mai multe zone de iluminat folosind o schemă *„în cascadă"* ca în fig. 10.10.

10.6. Date de bază pentru calculul iluminatului public

La proiectarea unei instalații de iluminat public trebuie avute în vedere considerente luminotehnice, estetice și economice.

Din punct de vedere luminotehnic factorii determinanți sînt: nivelul luminanței și iluminării pe suprafața considerată, uniformitatea repartiției luminanței și iluminării, limitarea efectului de orbire și asigurarea unui ghidaj optic pentru circulație.

Nivelurile de luminanță și iluminare sînt stabilite în funcție de categoria arterei de circulație și intensitatea și viteza traficului rutier. Din acest punct de vedere, arterele de circulație din localitățile urbane sînt clasificate, conform Legii 37/28.11. 1975 ca în tabelul 10.6.

Arterele de circulație din localitățile rurale se clasifică în artere principale și secundare.

Tabelul 10.6

Clasificarea arterelor de circulație din localitățile urbane în raport cu intensitatea traficului

Nr. crt.	Categoria arterei de circulație	Intensitatea traficului	
		Denumirea	Numărul de vehicule pe oră și bandă
1	Stradă de categoria *I* — magistrală	Foarte intens Intens	Peste 600 360—600
2	Stradă de categoria *II*-a — de legătură	Intens	360—600
3	Stradă de categoria *III*-a — colectoare	Mediu	160—360
4	Stradă de categoria *IV*-a — de deservire locală	Redus Foarte redus	30—160 Sub 30

Valorile nivelurilor de luminanță și iluminare sînt stabilite prin PE 136—80 conform tabelului 10.7.

Tabelul 10.7

Caracteristicile fotometrice normate pentru iluminatul electric al străzilor

Categoria arterei de circulație	Tipul arterei de circulație și intensitatea traficului	L_{med} [cd/m²]	q		E_{med} [lx]		K_1	K_2
			$\rho<0{,}20$	$\rho>0{,}20$	$\rho<0{,}20$	$\rho>0{,}20$		
STRĂZI DIN LOCALITĂȚI URBANE								
I	Trafic foarte intens	0,5	0,04	0,087	10	5	0,4	0,2
II	Trafic intens	0,25	0,04	0,087	5	3	0,33	0,2
III	Trafic mediu	0,12	0,04	0,087	3	1,5	0,33	0,166
IV	Trafic redus și foarte redus	0,08	0,04	0,087	2	1	0,33	0,166
STRĂZI DIN LOCALITĂȚI RURALE								
	Principale	0,12	0,04	0,087	3	1,5	0,33	0,166
	Secundare	0,08	0,04	0,087	2	1	0,33	0,166

Notațiile din tabelul 10.7 sînt următoarele:

L_{med} este luminanța medie a suprafeței uscate a arterei [cd/m²]; q — factorul de luminanță ($q = \rho/\pi = L_{med}/E_{med}$); ρ — factorul de reflexie a suprafeței arterei; E_{med} — iluminarea medie a suprafeței arterei [lx]; K_1 și K_2 sînt factori de uniformitate ai iluminării:

$$K_1 = E_{min}/E_{med}; \quad K_2 = E_{min}/E_{max}.$$

Pentru factorii de reflexie ρ, în lipsa unor măsurători, se pot lua în calcul următoarele valori:

- asfalt negru $\rho = 0{,}05 \ldots 0{,}06$;
- asfalt $\rho = 0{,}08 \ldots 0{,}15$;
- bitum $\rho = 0{,}10 \ldots 0{,}20$;
- piatră granit $\rho = 0{,}20 \ldots 0{,}25$;
- beton $\rho = 0{,}20 \ldots 0{,}35$.

Iluminatul intersecțiilor principale se proiectează cu niveluri de iluminare mai mari cu 50% față de strada cu nivelul cel mai ridicat incidentă în intersecție.

Iluminatul trotuarelor se proiectează cu niveluri de iluminare egale cu 50% din nivelul părții carosabile a străzii respective.

Iluminatul trecerilor de pietoni se proiectează cu un nivel de iluminare mediu cu 50% mai ridicat decît al arterei respective prin dispunerea uneia din sursele luminoase în apropirea trecerii de pietoni sau invers.

Iluminatul spațiilor de parcare se proiectează la un nivel similar cu cel al străzilor cu trafic redus.

Pentru realizarea uniformității normale și pentru limitarea fenomenului de orbire este necesar să se respecte înălțimile minime de montare a lămpilor în funcție de fluxul lor luminos, conform tabelului 10.8.

Tabelul 10.8

Înălțimile minime de montare a surselor luminoase [m]

Fluxul luminos al sursei	Distribuția luminoasă a corpului de iluminat		
	Concentrată	Semiconcentrată	Largă
Sub 5000	6	6	7,5
5000—10000	6	7,5	9
10000—15000	7,5	9	10,5
Peste 15000	9	10,5	12

Ca surse de lumină pentru iluminatul public se recomandă utilizarea de preferință a lămpilor electrice cu descărcări, montate în corpuri de iluminat cu randamente luminoase de cel puțin 0,5 și echipate cu condensatoare pentru îmbunătățirea factorului de putere. Aceste condiții sînt îndeplinite în special de lămpile LVF cu vapori de mercur (80—400 W) și de lămpile LPN cu vapori de sodiu de înaltă presiune (175—250—400 W). Lămpile cu vapori de sodiu de înaltă presiune sînt indicate pentru iluminarea arterelor de categoria *I* (trafic foarte intens) și la intersecții, pasaje denivelate, avînd în vedere eficacitatea lor luminoasă foarte ridicată.

Corpurile de iluminat trebuie alese pe baza caracteristicilor optice, constructive, a condițiilor de mediu, a criteriilor economice și estetice.

În funcție de modul de distribuție a fluxului luminos corpurile de iluminat se aleg conform tabelului 10.9.

În localități urbane se recomandă următoarele corpuri de iluminat:

— trafic foarte intens PVB—7 și PVSB—7;
— trafic intens PVB—7;
— trafic mediu PVA—2;
— trafic redus și foarte redus PVB—8;
— alei PVC—80 și PVC 125.

Amplasarea surselor luminoase de-a lungul arterelor se poate face în diferite moduri. Astfel:

— unilateral (fig. 10.11, *a*);
— bilateral alternat (fig. 10.11, *b*);
— bilateral față în față (fig. 10.11, *c*);
— axial (fig. 10.11, *d*).

Tabelul 10.9

Alegerea corpurilor de iluminat pentru iluminatul public

Categoria arterei de circulație și intensitatea traficului	Distribuțiu fluxului corpului de iluminat		
	Concentrată	Semiconcentrată	Largă
STRAZI DIN LOCALITAȚI URBANE			
Trafic foarte intens	*R*	*P*	*N*
Trafic intens	*R*	*P*	*N*
Trafic mediu	*P*	*R*	*N*
Trafic redus și foarte redus	*N*	*R*	*P*
STRAZI DIN LOCALITAȚI RURALE			
Principale	*P*	*R*	*N*
Secundare	*N*	*R*	*P*

Notă: *R* — recomandat; *P* — permis; *N* — neindicat.

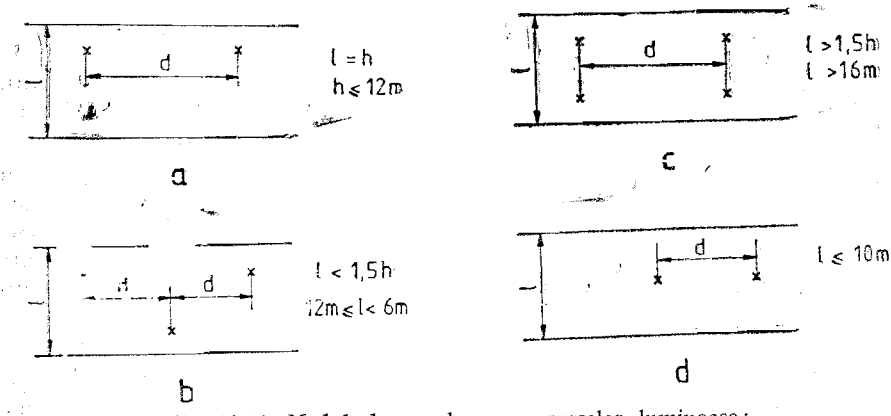


Fig. 10.11. Modul de amplasare a surselor luminoase:
a — unilateral; *b* — bilateral alternat; *c* — bilateral față în față; *d* — axial.

Distanța *d* dintre sursele de iluminat se alege în funcție de înălțimea de montare și de tipul de distribuție a fluxului luminos al corpului de iluminat, ținînd seama ca la unghiul maxim de distribuție al fluxului luminos să se acopere cel puțin jumătate din distanța dintre stîlpi.

Se recomandă ca distanța *d* dintre sursele luminoase să se aleagă în funcție de înălțimea de montare *h* a acestora, astfel încît *raportul d/h să fie:*

3,2 pentru corpuri de iluminat cu repartiție concentrată;
4 pentru corpuri de iluminat cu repartiție semiconcentrată;
6 pentru corpuri de iluminat cu repartiție largă.

11. EXECUȚIA LINIILOR ELECTRICE AERIENE

11.1. Generalități

11.1.1. Domeniul de aplicare

Construcția liniilor electrice aeriene *(LEA)* cu tensiuni cuprinse între 0,4 kV și 750 kV este reglementată în țara noastră prin acte normative în care se prezintă toate operațiile necesare realizării acestora.

Execuția *LEA* se face în conformitate cu prevederile Legii nr. 58/1974 cu privire la sistematizarea teritoriului și a localităților urbane și rurale, ale Legii nr. 59/1974 referitoare la fondul funciar și ale Decretului Consiliului de Stat 237/1978 care stabilește normativele de sistematizare, amplasare, construire și reparare a *LEA* care trec prin păduri și terenuri agricole.

Respectarea culoarelor de lucru necesare montării conductoarelor, accesului utilajelor și transportul materialelor este obligatorie pentru evitarea distrugerii culturilor. Se impune folosirea unor utilaje tehnologice de mare productivitate, care să permită scurtarea duratei de execuție la maximum, implicit a scoaterii temporare a terenului din circuitul agricol.

Succesiunea operațiilor de execuție a LEA este următoarea :

— întocmirea formelor de acces în terenul agricol de către beneficiar, constructor și proprietarii de teren ;

— preluarea traseului liniei de către constructor de la beneficiar (picheterea *LEA*) ;

— recunoașterea și marcarea drumurilor de acces, la bornele *LEA* ;

— transportul și manipularea materialelor ;

— execuția fundațiilor ;

— asamblarea și ridicarea stîlpilor ;

— montarea conductoarelor ;

— verificarea calității lucrărilor ;

— recepția și punerea în funcțiune a *LEA*.

11.1.2. Organizarea șantierului

Preluarea traseului *LEA* se face pe baza planului de situație elaborat de proiectant prin identificarea acestuia în teren. Traseul trebuie să fie liber, fără obstacole, să permită executarea operațiilor tehnologice normal.

Materializarea stîlpilor se face cu pichеți din lemn prevăzuți cu plăcuțe metalice, numerotați conform proiectului și protejați de eventualele distrugeri cu movile de pămînt cu raza de 1 m și înălțimea de 0,5 m.

Se stabilesc la pichetaj drumurile de acces la borne, precum și amenajările ce trebuie făcute drumurilor, podețe, consolidări, pentru asigurarea deplasărilor pe traseu în condiții optime.

Se vor stabili gările de destinație, terenurile necesare pentru manipularea și depozitarea materialelor.

Terenurile aferente depozitării materialelor trebuie să fie plane, ușor accesibile pentru mijloacele de transport, iar pentru perioadele ploioase să permită scurgerea apei.

Pentru punctele periculoase de pe traseul *LEA* se întocmește un plan de măsuri conform „Normativelor de protecția muncii la execuția lucrărilor de linii aeriene și subterane PE 708/71"

Stabilirea drumurilor de acces la traseul liniei și amenajările necesare terenului pentru depozite și subdepozite de materiale și a platformelor de montaj necesare pentru execuția operațiilor tehnologice se face în conformitate cu prevederile Legii nr. 59/1974.

La trecerea prin păduri, platformele de montaj se execută în culoarul liniei.

După terminarea lucrărilor de montaj, culoarul tehnologic și platformele de montaj vor fi redate circuitelor agricole, în acest scop se va evacua pămîntul excedentar rezultat din execuția fundațiilor, excesul de balast, și beton, se va nivela întreg culoarul, eliminînd-se eventualele șanțuri imprimate de roțile utilajelor în terenul arabil. Se va curăți terenul de toate materialele rezultate din montaj.

Toate aceste lucrări vor fi cuprinse în proiectul de organizare de șantier, care se întocmește înainte de începerea lucrărilor de execuție cu respectarea prescripțiilor de tehnică a securității și de igienă a muncii în vigoare.

11.1.3. Pregătirea lucrării

Începerea lucrării se va face numai dacă este asigurat un flux continuu pentru toate echipele participante.

Echipele vor fi dotate cu scule, dispozitive și utilaje necesare execuției operațiilor conform fișelor tehnologice.

Sculele, dispozitivele și echipamentul de protecție se vor verifica zilnic pentru ca acestea să fie corespunzătoare.

11.1.4. Executarea lucrărilor

Se vor respecta prevederile fișelor tehnologice pentru execuția lucrărilor, urmărindu-se în special:

— asigurarea mijloacelor de transport, atît în timpul lucrului, cît și în stare de repaus, în scopul evitării accidentelor și avariilor;

— depozitarea materialelor în condițiile prevăzute de fișele tehnologice;

— deplasările utilajlor să se facă cu viteze corespunzătoare și numai pe drumurile marcate;

— amplasarea, ridicarea stîlpilor și montarea conductoarelor să se facă conform fișelor tehnologice;

— asigurarea și respectarea tehnologiilor speciale în punctele periculoase de lucru.

11.1.5. Măsuri de tehnică a secutității muncii la executarea lucrărilor tehnologice

Toate operațiile tehnologice la execuția liniilor electrice aeriene se vor executa pe baza fișelor tehnologice existente cu respectarea întocmai a tuturor prevederilor acestora.

Pentru lucrări speciale necuprinse în fișele tehnologice se vor elabora instrucțiuni tehnologice de către șantier avizate de organul care a elaborat fișele tehnologice.

Muncitorii care participă la execuția *LEA* vor fi admiși la lucru numai în urma unui control medical care să ateste că sînt apți pentru locul de muncă respectiv și care au calificarea și instruirea necesară pentru lucrările pe care le execută.

Chiar dacă au calificarea necesară, muncitorii vor fi instruiți teoretic și practic în privința fazelor tehnologice și a normelor de tehnica securității.

Instruirea se va face în conformitate cu prevederile PE 119/1982 „Norme de protecția muncii pentru instalații electrice".

Muncitorii vor purta la locul de muncă echipamentul de lucru și de protecție prevăzut de normativ.

Operațiile tehnologice se vor efectua sub directa îndrumare a șefului de echipă, care poate da comenzi pentru efectuarea lor.

Utilajele, sculele și dispozitivele de lucru trebuie să aibe dimensiunile și caracteristicile prevăzute în fișele tehnologice și să fie în stare bună. Se interzice folosirea celor defecte.

11.1.6. Asigurarea calității lucrărilor

În conformitate cu Legea nr. 6/1975, pentru asigurarea unor lucrări de calitate, toate materialele introduse în operă trebuie să fie de bună calitate, iar montarea lor să se facă în condițiile prescrise de fișele tehnologice.

Pentru aceasta se vor respecta următoarele condiții:

— înainte de introducere în operă se vor verifica toate materialele pentru ca să corespundă calitativ și cantitativ cu prevederile din proect;

— se vor introduce în operă numai materialele și prefabricatele cu certificate de calitate, recepționate de șantier la primirea lor.

11.2. Execuția fundațiilor

11.2.1. Generalități

Execuția fundațiilor *LEA* se face în conformitate cu prevederile proiectului de execuție al lucrării.

Acesta trebuie să cuprindă obligatoriu următoarele documente tehnice:

— planul de situație al liniei cu amplasamentul stîlpilor și tipul de fundație pentru fiecare tip de stîlp corelat cu caracteristicile geotehnice ale terenului în care se execută fundația;

— profilul longitudinal al liniei cu distanțele dintre stîlpi și denivelările respective, acolo unde este cazul;

— referatul geotehnic care indică caracteristicile tehnice ale terenului în lungul aliniamentului (la *LEA* 0,4—20 kV) și ale fiecărei borne la liniile cu tensiuni de, sau mai mari de 110 kV;

— devizele, antemăsurătorile și analizele de preț.

Execuția fundațiilor cuprinde următoarele lucrări în ordine tehnologică:

— verificări topometrice;

— amenajarea terenului și a platformelor de lucru;

— protecția eventualelor construcții învecinate și depistarea eventualelor instalații subterane;

— trasarea fundațiilor;

— săparea fundațiilor și sprijinirea pereților. dacă este cazul;

— executarea radierelor, cofrarea fundațiilor și armarea;

— prepararea și turnarea betonului sau montarea prefabricatelor;

— decofrarea și compactarea fundațiilor;

— împrăștierea pămîntului rămas-nivelarea;

— complectări de beton după ridicarea stîlpilor (căciuli) sau refacerea cu beton a picioarelor prefabricate la montaj.

11.2.2. Verificări topometrice

Execuția *LEA* începe cu operația de prelucrare a traseului de către constructor în prezența proiectantului și beneficiarului.

Preluarea traseului include parcurgerea întregului traseu pentru a se constata eventualele inconveniente la montaj, stabilirea punctelor periculoase și a drumurilor de acces.

Se face verificarea aliniamentelor și amplasarea stîlpilor conform proiectului. Dacă apar abateri, acestea se vor consemna într-un proces-verbal încheiat cu proiectantul.

11.2.3. Amenajarea terenului și a platformelor de lucru

Amenajarea terenului și a platformelor de lucru se face în conformitate cu prevederile Decretului nr. 237/1978. Suprafața de teren amenajată este mai mare decît săpătura pentru a permite realizarea tuturor operațiilor ulterioare de execuție a fundației. Se va asigura o pantă de cel puțin 2% spre șanțurile sau locul de colectare a apei în afara zonei stîlpului. În cazul în care fundația este amplasată într-o vale spre care se pot acumula ape, acestea vor fi abătute prin șanțuri de gardă, care să nu permită inundarea fundației cu apă.

Amplasarea utilajelor mecanice de săpat se va face pe un teren cît mai orizontal care să permită calarea.

11.2.4. Protecția eventualelor instalații sau construcții învecinate, cît și a celor subterane

Dacă la execuție apar instalații sau construcții în vecinătate, care nu sînt prevăzute în proiectul de execuție se va anunța și chema proiectantul.

Dacă în timpul excavației se întîlnesc instalații electrice, de telecomunicație, petroliere sau construcții arheologice, fosile, depozite îngropate etc. se va întrerupe lucrul și se vor sesiza organele de resort.

11.2.5. Trasarea gropilor de fundare

După verificarea aliniamentului în teren față de profilul longitudinal al liniei se verifică dacă distanțele între stîlpi și unghiurile aliniamentelor corespund cu prevederile din proiect. Verificarea se face de către un topometru cu ajutorul teodolitului, mirei și riglei.

Se marchează centrul stîlpului prin borne cu țăruși numerotați. După stabilirea centrului, topometrul marchează aliniamentul cu doi țăruși martori bătuți, la o distanță mai mare față de dimensiunile săpăturii, astfel încît să rămînă pînă la terminarea tuturor operațiilor.

Apoi se fixează țăruși, care vor servi la orientarea consolelor stîlpilor de beton.

Fundațiile monobloc se trasează cu ajutorul unei rame de trasare, care în mijlocul fiecărei laturi are un reper marcat cu vopsea. Conturul exterior al ramei trebuie să fie identic cu conturul gropii de fundare (fig. 11.1). Ramele se confecționează din scînduri și se rigidizează la colțuri cu tablă.

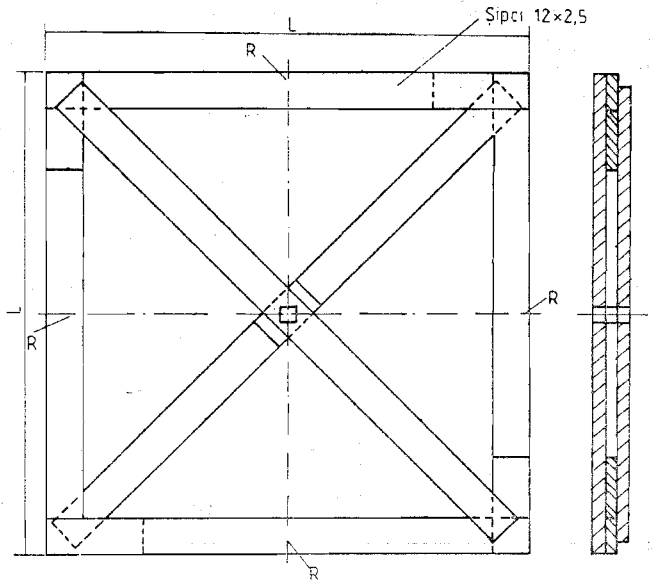


Fig. 11.1. Ramă de trasare pentru gropi:
R — repere pentru viraje; *L* — dimensiunile de gabarit ale ramei (în funcție de dimensiunile gropii).

Se orientează rama și se marchează colțurile fundației cu cîte un țăruș bătut la colțurile ramei de trasare, după care rama se ridică și se deplasează la stîlpul următor.

În cazul terenurillor în pantă trasarea fundațiilor se poate executa în două moduri:

1) Pentru denivelări pînă la 1,5 m, cu ajutorul unui trepied cu o alidadă și un suport perpendicular pe aliniamentul pentru fixarea riglei gradate folosind fir cu plumb.

2) Pentru denivelări peste 1,5 m, între picioarele stîlpului trasarea se execută cu topometru obligatoriu.

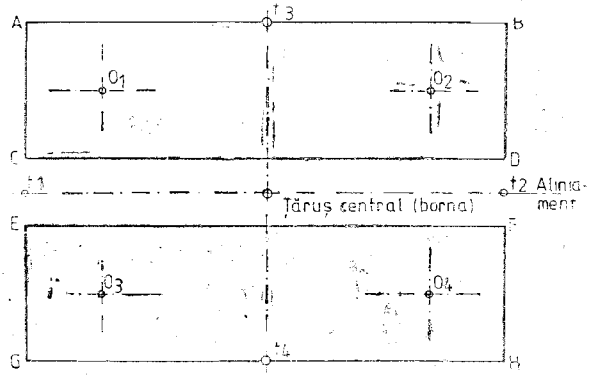


Fig. 11.2. Marcarea cu țăruși de lemn a centrului și a conturului gropilor.

Trasarea gropilor poligonale constă în marcarea cu țăruși a centrului axelor și a conturului gropilor (cîte două gropi de picioare unite de o parte și de alta a aliniamentului; fig. 11.2).

Deschiderile dintre picioare se notează pe plan cu a (distanța paralelă cu aliniamentul) și b (distanța pe perpendiculara la aliniament).

Cele două distanțe a și b sînt date pentru un teren plan.

În cazul unui teren denivelat aceste distanțe se transformă în a_1 *și* b_1. Astfel :

$$a_1^2 = a^2/4 + h_1^2;\ b_1^2 = b_1^2/4 + h_2^2;$$

a_1 și b_1 sînt distanțele măsurate pe panta de la borna stîlpului la linia fețelor exterioare ale cornierelor picioarelor de fundații.

h_1, h_2 — denivelările terenului la distanțele a_1, b_1 față de borna stîlpului (fig. 11.3).

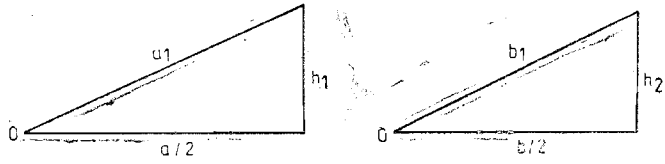


Fig. 11.3. Distanțe măsurate pe pante.

Trasarea se execută de către topometru la terenurile în pantă pentru a se evita erori în măsurători.

La trasare se va ține seama de tipul fundației pentru fiecare bornă în parte, întrucît bornele diferă în funcție de tipul stîlpului și natura terenului.

Întrucît piciorul de fundație este îndoit, avînd o înclinație spre interior pentru a fi în prelungirea montanților, la fundațiile prefabricate centrul tălpii prefabricatului nu coincide pe verticală cu muchia cornierului la vîrf.

Gropile vor fi trasate la prefabricate mai mari decît dimensiunile acestora și anume cu 20 cm dacă nu sînt necesare sprijiniri sau cu 30 cm în cazul sprijinirii gropilor.

La liniile de 400 kV trasarea gropilor de ancoră la stîlpii ancorați se va face cu deosebită atenție în terenurile cu pantă pentru evitarea erorilor.

11.2.6. Săparea gropilor

Săparea gropilor se poate executa în două feluri :
— săpare manuală
— săpare mecanizată.

11.2.6.1. Săparea manuală

Se va evita pe cît posibil, datorită volumului mare de muncă consumată care conduce la lungirea termenului de execuție a lucrărilor.

Se va folosi numai zona în care accesul utilajelor de săpat nu se poate realiza, pe terenuri cu pantă mare sau în locuri greu accesibile.

De asemenea se poate folosi la lucrări izolate cu volum redus de săpătură și la execuția unor racorduri scurte de *LEA* jt și mt.

Săpătura manuală este folosită și pentru finisarea fundațiilor săpate mecanizat. La fundațiile săpate mecanizat ultimii 20—30 cm de la fundul gropilor se sapă manual, cu puțin timp înainte de montarea prefabricatelor sau de turnarea betonului, pentru a se evita înmuierea pămîntului sub acțiunea apei din ploi.

În cazul fundațiilor în pantă pămîntul rezultat se aruncă mai jos de groapă.

În timpul săpăturilor se va avea grijă ca pereții să fie verticali. La adîncimi mai mari de 1,5 m se vor monta platforme pentru aruncarea pămîntului din 1,5 în 1,5 m.

Săpătura manuală se execută cu sprijinirea pereților pentru evitarea accidentării muncitorilor prin surparea malurilor.

Săpătura manuală se execută cu unelte simple de săpat: cazmale, tîrnăcoape, răngi, spițuri, ciocane, lopeți, în funcție de caracteristicile solului.

Funcție de caracteristicile solului, sprijinirile se execută de la următoarele adîncimi:

0,75 m în teren ușor (nisip, umplutură);

1,25 m în teren mijlociu (loess, argilă, pietriș fin, pămînt vegetal etc.);

2,00 m în teren tare (argilă grasă, nisipuri grele cu argilă, pietriș mare, piatră spartă etc.);

2,00 m în teren foarte tare, la care se lucrează cu răngi, tîrnăcoape, spițuri, baroase etc.

Sprijinirea se execută pînă la adîncimea de fundare a gropii indicată în plan. Sprijinirea se execută cu dulapi verticali de lemn sau metal și popi metalici extensibili conform tabelului 11.1.

Tabelul 11.1

Metodele de sprijinire a pereților gropilor săpate

Natura terenului	Adîncimea săpăturii		
	Pînă la 3 m	De la 3—5 m	Peste 5 m
1	2	3	4
Teren normal umed	Sprijiniri orizontale cu interspații de o scîndură	Sprijinire orizontală continuă	Sprijinire conform proiectului de execuție calculat
Teren cu umiditate mare	Sprijiniri orizontale continue	Sprijiniri verticale	Sprijiniri pe bază de proiect calculat
Teren cu ape subterane cu afluență mare	Sprijiniri cu palplanșe care trebuie bătute la o adîncime de cel puțin 0,75 m sub fundul gropii		Sprijinire pe bază de proiect calculat

La efectuarea sprijinirilor se vor respecta următoarele:

— dimensiunile și înclinările se vor verifica prin calcul pentru a se realiza un consum redus de materiale și a nu provoca accidente;

— pămîntul rezultat se va depozita la cel puțin 0,5 m de marginea gropii;

— la săpături cu adîncime peste 1 m, coborîrea muncitorilor se va face cu scări de acces;

— la adîncimi mai mari de 2 m se vor folosi podine cu o lățime de cel puțin 0,75 m, situate la distanțe între ele de 1,5 m.

Demontarea sprijinirilor se execută de jos în sus în ordinea indicată de proiect. Pe timpul demontării se vor folosi proptele verticale și orizontale care să asigure siguranța muncitorilor care execută demontarea.

După turnarea betonului sau după lansarea prefabricatelor pămîntul rezultat din săpătură se împinge înapoi în groapă, executîndu-se compactarea lui în straturi de circa 50 cm cu ajutorul maiurilor mecanice sau în lipsa acestora cu maiuri manuale.

11.2.6.2. **Săparea mecanizată a gropilor**

Se execută cu excavatoare sau cu foreze.

Se recomandă excavatoare echipate cu cupă inversă pe pneuri sau pe șenile cu cupe de 0,4—0,6 m³ care au stabilitate mare și se pretează cel mai bine pentru lucrări de *LEA*.

Utilajele cele mai des folosite sînt:

1) *Autoexcavatorul TATRA tip D—032* montat pe șasiul autocamionului TATRA 138 cu 3 axe rotoare. Acționarea excavatorului este independentă cu un motor diesel propriu.

Utilajul se calează cu picioare telescopice, care asigură orizontalitatea platformei.

Caracteristici tehnice:

— viteza max. de transport înainte:
— pe șosea 50 km/h;
— pe teren 10 km/h;
— viteza max. de transport înapoi:
— pe șosea 8 km/h;
— teren 6 km/h;
— pe pantă max. admisibilă: 20°

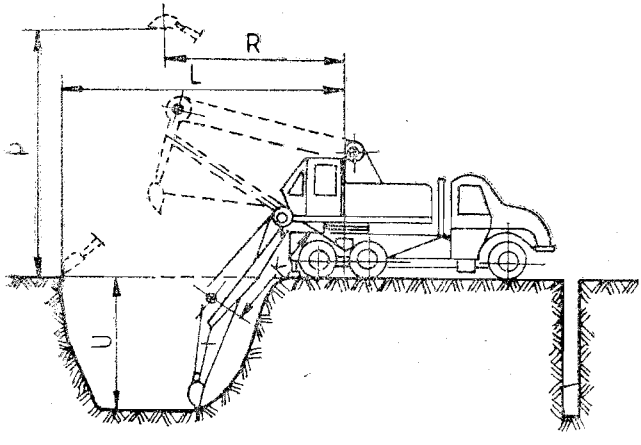


Fig. 11.4. Autoexcavatorul TATRA D-032 A:
K — lungimea brațului [mm]; L — raza maximă de săpare [mm]; P — înălțimea maximă de descărcare [mm]; U — adîncimea maximă de excavare [mm]; R — raza de săpare la adîncimea maximă.

— dimensiuni de gabarit:
  — lungimea 10 700 mm;
  — lățimea: 2 540 mm;
  — înălțimea: 4 000 mm;
  — greutatea 19 000 kgf.

Echipamente:	Cupă inversă	graifer
— lungime braț (K)	4500 mm	8000 mm
— capacitate cupă (Q)	0,5 m³	0,35 m³
— raza max. săpare (L)	7670 mm	8000 mm
— înălț. max. de descărcare (P)	3500 mm	6000 mm
— adînc. max. de excavare (U)	3700 mm	5000 mm

Producător: R.S.C. PODPOLIANSKA STROJARDA N.P. DETVA.

2) *Excavatoare CASTOR P/S 601* și *P/S 401*. Sînt acționate cu motoare diesel răcite cu apă. Cele notatecu P sînt echipate cu pneuri iar cele cu S cu șenile.

Acționarea brațului este hidraulică cu un sistem de pompe, care acționează cilindri hidraulici.

Deplasarea excavatorului și rotirea se realizează cu motoare rapide cu pistonașe omidă.

Frînarea se realizează cu dispozitive oleohidraulice acționate pneumatic.

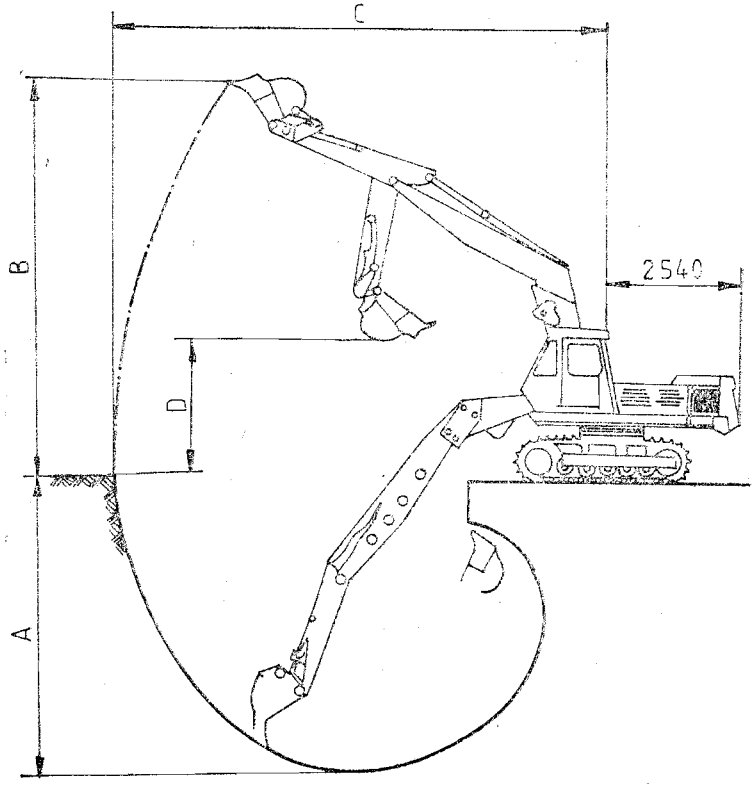


Fig. 11.5. Excavator Castor S 601 Producător IUP-Progresul Brăila: A — adîncimea maximă de săpare; B — înălțimea maximă a cupei; C — raza maximă de săpare; D — înălțimea maximă de descărcare.

Tabelul 11.2

Caracteristicile tehnice principale ale excavatorului tip Castor

Tipul excavatorului	UM	P—401	S—401	P—601	S—601
Capacitatea nominală a cupei	[m³]	0,4	0,4	0,6	0,6
Motorul:					
— puterea	[CP]	42	42	65	65
— turația	rot/min	2400	2400	1800	1800
Viteza maximă de deplasare	[km/h]	16	1,7	19,75	2,7
Greutatea fără echipament	[kg]	9430	9000	13300	13300
Ampatamentul	[mm]	2400	2260	2625	2520
Înălțimea fără echipament	[mm]	3802	3707	4451	4230
Lungimea fără echipament cu brațul ridicat	[mm]	3950	3290	4590	4020

ECHIPAMENTE

Lingură dreaptă de	0,490—0,590 m³	Cinci balastiere interschimbabile
Lingură inversă de	0,145—0,910 m³	Producător IUP — „Progresul" Brăila
Cupă de încărcător	0,39 —0,84 m³	
Graifer	0,15 — 1 m³	

3) *Autoforeza tip BM 302* (fig. 11.6)

4) *Autoforeza tip FGH—50C* (fig. 11.7)

Săparea mecanizată se execută pentru lungimi pînă la 4300 mm dintr-o poziție, iar dacă groapa comună depășește 4300 mm. din două poziții.

În cazul gropilor mari peste 3,5 m adîncime și cu miez între gropi peste 2 m se vor executa săpături individuale ca în figura 11.8.

Pămîntul rezultat din excavație se depozitează pe o latură a gropii excavate și anume spre exteriorul aliniamentului.

Excavatorul se va amplasa de regulă cu axul longitudinal paralel cu axul liniei. Volumul săpat de excavator este de regulă circa 80%. Restul săpături se execută manual.

Amplasarea pămîntului excavat se va face la minimum 1 m de marginea gropii și în așa fel încît să se permită amplasarea prefabricatelor sau a agregatelor necesare turnării betonului.

În terenuri cu apă se va excava pînă la nivelul apei, apoi se va excava în apă o groapă în care se va introduce sorbul unei pompe de epuisment.

Pentru fundații mari este recomandabilă folosirea unei pompe de apă și noroi tip DIA. Pentru volume de apă și debite mici se pot folosii electropompe Cerna, Criș, Lotru.

După evacuarea apei, săpătura se continuă normal.

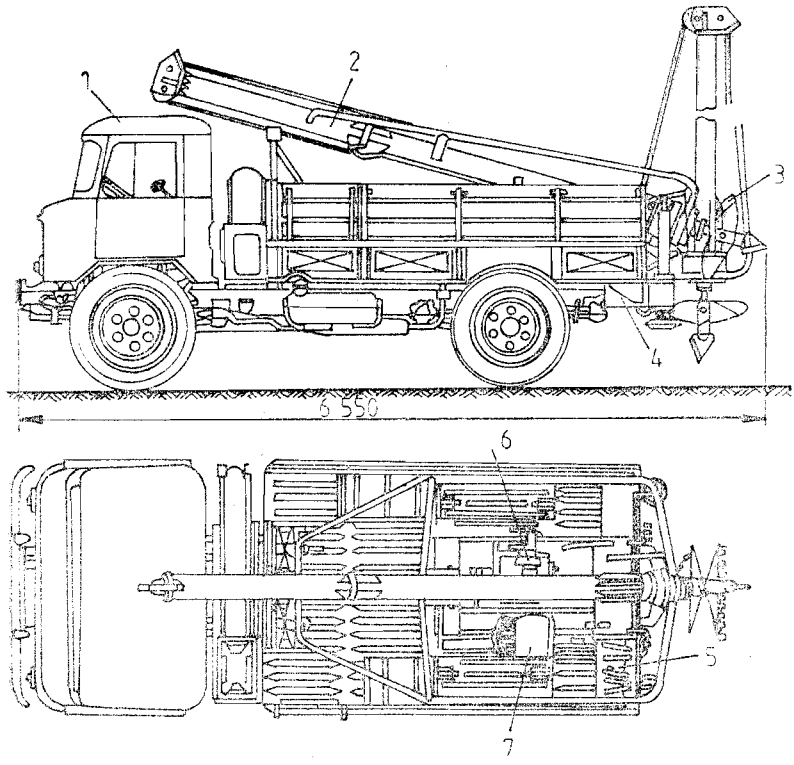


Fig. 11.6. Foreza tip BM-302:
1 — autocamion GAZ-66; *2* — echipament de lucru; *3* — sapă; *4* — şasiu; *5* — sistemul de transmisie; *6* — pupitru de comandă; *7* — scaunul operatorului.

11.2.7. **Executarea radierelor, armarea şi cofrarea fundaţiilor**

Radierul armat sau nearmat are rolul de a împiedica armăturile de rezistenţă să ajungă în contat cu pămîntul. Radierul este un beton de egalizare de circa, 7 cm , cu marca B 35 care se toarnă la baza fundaţiei. Suprafaţa betonului de egalizare trebuie să fie plană şi orizontală, se admit abateri de maxim 1 cm.

Armarea fundaţiilor se execută de obiecei la stîlpii metalici şi se compune dintr-o armătură de oţel profilat care face parte integrantă din stîlpul metalic şi o armătură de oţel beton confecţionat de regulă pe şantier conform planurilor de execuţie a fundaţiilor. Alinierea picioarelor de fundaţie se execută cu o ramă de fundaţie confecţionată din metal ale cărei laturi au lungimile deschiderilor fundaţiilor. Rama este demontabilă pentru a se putea deplasa de la o fundaţie la alta. Montarea ramei se face cu mare grijă şi verificarea orizontalităţii ei se face cu teodolitul şi cu metrul. Pentru montarea orizontală a ramei se folosesc cricuri mecanice sau hidraulice.

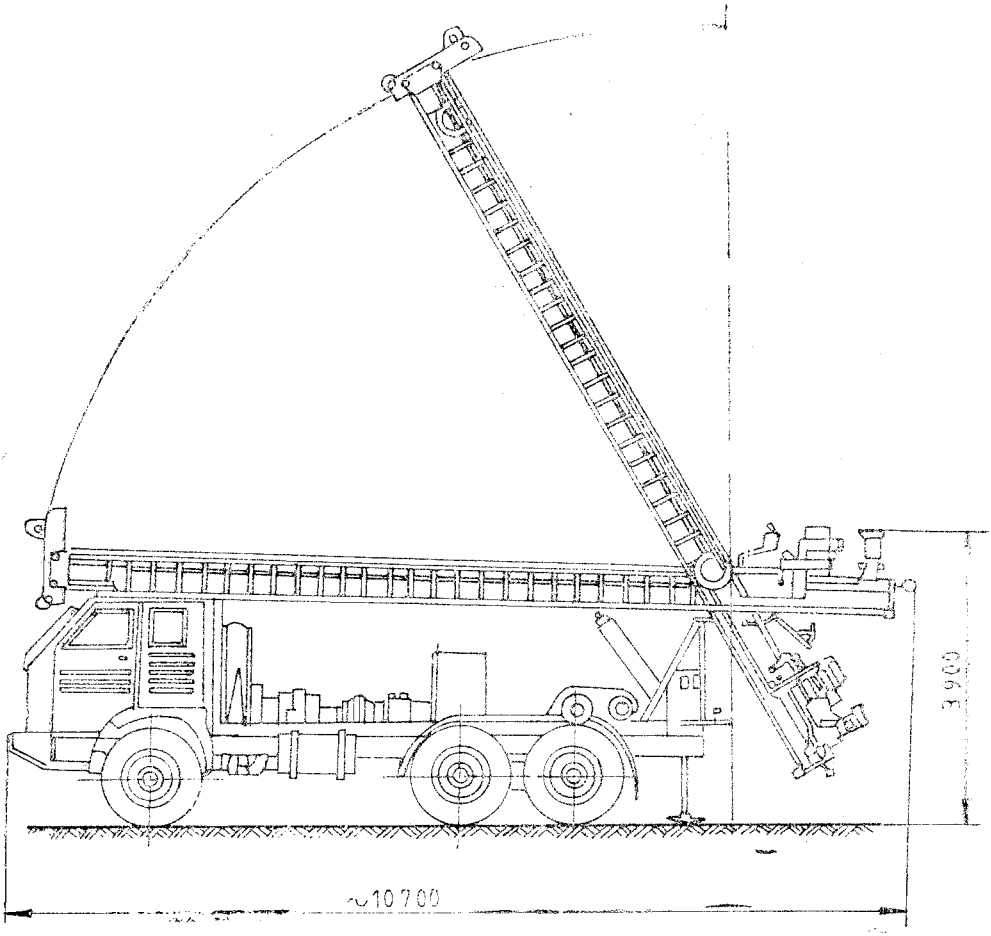


Fig. 11.7. Instalația de foraj pentru fundații LEA—FGH-50 C.

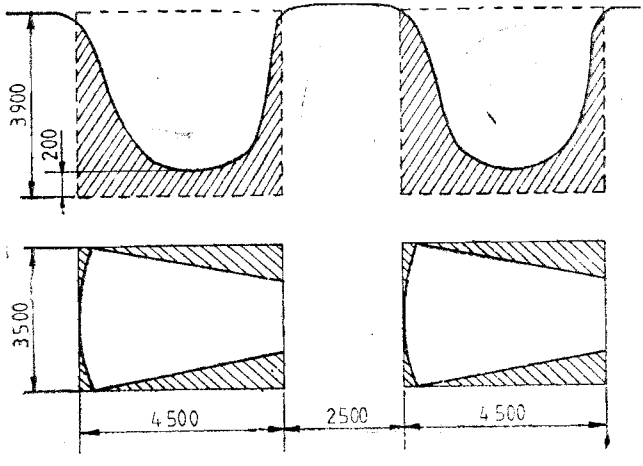


Fig. 11.8. Săpături individuale.

Montarea armăturii de oțel beton se face separat conform planurilor de execuție, la fiecare picior al stîlpului.

Ordinea de montare a armăturii este următoarea:

— placă de armare peste betonul de egalizare;

— se montează armătura prismatică în mijlocul gropii verticale;

— se centrează picioarele de fundație și apoi armătura prismatică verticală. După aceasta se rigidizează cu sîrmă la nivelul solului.

Pentru terenurile în pantă armăturile din aval se vor prelungi pînă la fundul radierei.

Montarea picioarelor de fundație se execută simultan pentru cele patru picioare.

Ele se introduc vertical în centrul armăturii prismatice de oțel beton.

Se montează rama de fundație, care se centrează. Se asamblează prin bulonare pe picioarele de fundație.

Picioarele de fundație rămîn în interiorul pătratului pentru a permite demontarea ramei cu ușurință după turnarea betonului.

Rama de fundație cu picioarele montate se centrează cu teodolitul în aliniament, perpendicular pe aliniament și la nivel astfel încît să corespundă cota superioară a piciorului de fundație cu cea a stîlpului.

În timpul turnării se va verifica de mai multe ori așezarea corectă a picioarelor de fundație.

Cofrarea fundației. Cofrajele folosite la LEA pot fi cofraje interioare sau cofraje exterioare.

Cofrajele interioare servesc la obținerea golurilor în fundații pentru montarea stîlpilor de beton.

Cofrajele exterioare se folosesc la fundații unde se cere un profil regulat al exteriorului fundației. Se folosesc de regulă la fundații în trepte sau la fundații cu talpă la stîlpii metalici.

De regulă betonul se toarnă fără cofrag, direct în sol.

Cofrajele se execută sub formă de cutii pătrate sau semicilindrice și sînt confecționate din scînduri, PFL, placaj pentru cofraje sau tablă.

Cofrajele se montează de regulă după ce o parte din beton s-a turnat.

Cofrajele interioare se montează după ce betonul s-a turnat pînă la nivelul golului.

Cofrajele exterioare se montează pe betonul de egalizare de regulă la cota prescrisă în planul fundației.

Pentru a se putea refolosi, de regulă cofrajele se execută din tablă și înainte de montare se ung pe partea ce vine în contact cu betonul cu ulei mineral, motorină sau ulei ars, care permite demontarea ușoară a cofrajului după întărirea betonului.

Montarea cofrajelor interioare se face prin introducerea în groapă pe betonul turnat, aliniere în funcție de reperele din teren, verificare verticalitate și rigidizare cu sîrmă de puncte fixe.

Cofrajele exterioare se montează prin coborîrea peste armătura montată a celor patru panouri prefabricate care formează trunchiul de piramidă și asamblarea lor.

Cofrajele verticale exterioare se montează numai unde este necesar un profil regulat al exteriorului fundației.

Se rigidizează ansamblul panourilor și se leagă la puncte fixe.

11.2.8. **Prepararea și turnarea betonului**

Prepararea betonului se execută la bornă sau în stații de prepararea betonului centralizate pe mai multe lucrări.

Prepararea betonului la bornă se poate executa manual sau mecanizat.

Dacă betonul se prepară în stații centralizate se va transporta în teren cu utilaje speciale (CIFA, automalaxoare de beton, bascule) funcție de distanța de transport, astfel încît să se păstreze pe tot parcursul pînă .la punerea în operă calitățile betonului proaspăt.

Prepararea betonului la bornă se va executa conform prescripțiilor prevăzute în *„Condiții tehnice pentru executarea și recepționarea lucrărilor de beton și beton armat"* CSCAS.

Compoziția betonului se va afișa pe șantier cu indicarea cantităților de materiale corespunzătoare capacității de amestec a fiecărei betoniere sau în cazul preparării manuale cubului de preparat.

Dozarea materialelor se va face în volume. Astfel:

— cu cupa betonierei, stabilindu-se exact volumul de agregate necesare necesare unei șarje;

— cu cutia marcată corespunzător unei șarje a betonierei;

— cu roaba; se vor folosi roabe de același tip și cu același grad de umplere.

La stațiile centralizate dozarea se va face gravimetric cu dozatoare automate gravimetrice.

Compoziția agregatelor din beton va fi conform prevederii proiectului și mărcii de beton ce trebuie realizată.

Pentru betoane pînă la marca B 200 vor fi două sorturi de agregate.

Dozarea cimentului se face numai gravimetric cu dozatoare automate în stații, cu cîntarul sau cu sacul în stații mici și pe șantier.

Dozarea cimentului se va face cu o precizie de $\pm 3\%$.

Dozarea apei se va face cu dispozitive automate care măsoară și introduc apă în betonieră.

Pe șantier pentru betoane pînă la clasa Bc10 (B150) se poate face dozarea apei cu găleți pe care este marcat nivelul de umplere.

Dozarea apei se va face de asemeni cu o precizie de $\pm 3\%$.

Durata de amestecare a tuturor materialelor în tambur este cuprinsă între 1—1,5 min, funcție de consistența betonului măsurată după răspîndire. (tasarea conului) și capacitatea betonierei.

În general nu se permite prepararea manuală a betonului din motive de calitate și productivitate.

Turnarea betonului în fundație se face cu tărgi, roabe sau cu găleți. În timpul turnării trebuie asigurată o compactare uniformă folosind în acest sens maiuri și vibratoare electrice sau mecanice cu lame vibratoare.

Se toarnă straturi de circa 20 cm grosime după care se execută compactarea.

Turnarea se face de la înălțime, înălțimea maximă de cădere admisă este de 2 m, pentru a nu se produce segregarea. Pentru înălțimi mai mari de 2 m se vor folosi jgheaburi de turnare.

Turnarea betonului se face în prezența topometrului care trebuie să verifice alinierea și nivelul fundației.

Turnarea betonului se face continuu fără întreruperi pînă la cota prescrisă. Nivelul la care se întrerupe turnarea este indicat în planuri.

La stîlpii de beton fundația se toarnă de la început în întregime.

La stîlpii de metal turnarea se oprește la 5—10 cm. sub cota minimă a eclisei de îmbinare. Căciula se toarnă după ridicarea stîlpului.

Betonul trebuie turnat în cel mult 1/2 h de la preparare, astfel încît să nu înceapă priza.

După turnare betonul trebuie ferit de soare, pentru aceasta va fi stropit cu apă timp de 24 h de la începerea prizei.

Suprafețele de beton care rămîn deasupra terenului expuse la intemperii se vor proteja prin tencuieli și sclivisire. Aceste operații se recomandă a se executa în timp ce betonul este încă proaspăt.

La fundațiile cu goluri interioare la completarea cu beton după ridicarea stîlpului se va avea grije ca betonul vechi să fie curat și spălat bine cu apă. Betonul vechi se acoperă apoi cu mortar de ciment cu același dozaj ca al betonului, reînceperea turnării făcîndu-se înainte ca mortarul să înceapă să facă priză.

Compactarea betonului turnat în cofraje este o operație obligatorie, care asigură marca prescrisă prin eliminarea golurilor de aer ce apar la turnare.

Funcție de volumul betonului turnat compactarea se poate executa cu vergele de fier, maiuri de lemn sau matal, vibratoare mecanice. În timpul turnării cofrajele se vor bate cu ciocane de lemn pentru a realiza la colțurile acestora compactare bună.

Se recomandă folosirea vibratoarelor mecanice de adîncime care asigură o calitate bună și omogenă a compactării.

Vibrarea se execută pînă cînd suprafața betonului arată un luciu umed caracteristic.

Prin vibrare se asigură:

— o compactare bună și uniformă;
— rezistență mecanică superioară a betonului;
— beton rezistent la îngheț-dezgheț și ape agresive;
— impermeabilitate bună;
— o aderență bună a betonului cu armătura de oțel-beton;
— o execuție rapidă, deci creșterea productivității muncii.

Vibratoarele pot fi acționate electric sau cu motor termic, în prezent ele fabricîndu-se în țară.

Vibrarea durează 15 s în medie și se va opri cînd:

— tasarea betonului a încetat;
— suprafața betonului devine plană;
— mortarul fin începe să iasă la suprafață;
— dispar bulele de aer de la suprafața betonului.

Introducerea vibratorului se face în poziție verticală și durează 3—4 s într-un punct, iar scoaterea 7—8 s.

Butelia vibratorului nu se va introduce în apropierea cofrajului la mai puțin de două diametre distanță.

În cazul unei vibrații necorespunzătoare pot apărea următoarele deficiențe:

— separarea agregatelor și deci consistență redusă a betonului;

— segregarea prin vibrări repetate în același punct;

— introducerea vibratorului în poziție oblică duce la o vibrare neuniformă, croind unghiuri moarte nevibrate.

11.2.9. **Decofrarea și executarea umpluturilor**

Decofrarea este o operație care se execută după ce betonul a ajuns la 25% din marcă deci după un anumit timp determinat.

Decofrarea cofrajelor exterioare sau interioare se realizează prin demontarea elementelor componente începînd de la colțurile fundației și a elementelor de rigidizare.

După aceea se îndepărtează elementele cofrajului de masa de beton și se scot la suprafață.

Se face o revizie și o reparare a cofrajului, dacă este cazul, după care cofrajul se poate folosi din nou.

Umpluturile se execută în aceeași zi cu decofrarea. Golurile rămase se umplu cu pămînt în straturi cu grosimea maximă de 25 cm, care se udă și se bat cu maiuri manuale sau mecanice. Baterea se execută ciclic, aplicîndu-se în același loc 3 lovituri.

Cele mai indicate maiuri mecanice sînt cele cu motor termic tip Independența Sibiu.

Nu se va utiliza la umplutură pămîntul vegetal sau înghețat.

Verificarea gradului de compactare a umpluturii se face în comparație cu a solului din jurul fundației. Operația se execută cu un apart numit penetrometru dinamic.

11.2.10. **Împrăștierea pămîntului**

După executarea umpluturilor și amenajarea terenului în jurul fundației pămîntul rămas în exces se împrăștie cu lopata pe o suprafață mai mare, pentru a nu se creea movile ce ar împiedica execuția lucrărilor agricole. Stratul vegetal de la fundație se păstrează și după împrăștierea surplusului de pămînt se va împrăștia stratul vegetal pentru a asigura folosirea terenului în producția agricolă.

Împrăștierea pămîntului se va face la 3—4 zile după ce s-au realizat complectările de betoane după ridicarea stîlpilor. Aceasta este valabil numai la stîlpii la care este necesară întreruperea turnării betonului.

Căciulile se recomandă a se executa la stîlpii speciali cu 3—4 zile înainte de montarea conductoarelor.

Turnarea căciulilor se execută în cofraje prefabricate cu beton de aceeași marcă cu cel din fundație.

După decofrare se execută tencuirea acesteia și se realizează o pantă a suprafeței superioare pentru a permite scurgerea apei. Tencuirea se

execută cu mortar de ciment într-un strat de 2 cm grosime pînă la adîncimea de 20 cm, sub nivelul solului. Tencuiala se va sclivisi cu mistria. Se va avea grijă ca tencuiala să nu prezinte crăpături sau ridicături și nu se va executa pe timp friguros cînd temperatura scade sub +5 °C.

11.2.11. **Executarea fundațiilor pe timp friguros**

Se interzice turnarea betonului pe timp friguros cînd temperatura scade sub +5 °C.

Dacă totuși se impune a se executa lucrări de betonare pe timp friguros, aceasta se va face în conformitate cu prevederile „Normativului privind executarea lucrărilor de construcții pe timp friguros" din 1.01.1954 și ale „Condițiilor tehnice pentru executarea și recepționarea lucrărilor din beton armat" din 03.07.1956.

Pe timp friguros se vor folosi betoane consistente dar lucrabile, se va vibra dar se va evita răcirea bruscă a suprafeței betonului, păstrîndu-se în condiții corespunzătoare de temperatură și umiditate pînă cînd se realizează priza.

Betonul trebuie ferit de îngheț pînă ce rezistența sa atinge 50% din valoarea mărcii prescrise și cel puțin 72 h de la turnare.

Se recomandă folosirea cimentului cu o mai mare degajare și cu priză rapidă (RIM, P 500, P 400). Se vor încălzi agregatele și apa la o temperatură între 48 și 80 °C funcție de marca cimentului, astfel ca amestecul la ieșire să aibă sub 45 °C. Durata de amestecare se va majora cu 50%. Imediat după decofrare se vor realiza umpluturile cu pămînt neînghețat.

11.2.12. **Montarea prefabricatelor**

La execuția fundațiilor prefabricate tehnologia de lucru este următoarea:

1) *Transportul prefabricatelor de la furnizor la șantier* se execută cu vagoane CF apoi cu autocamioane sau remorci trase de tractoare.

Încărcarea, descărcarea, manipularea prefabricatelor se face cu macarale corespunzătoare greutății acestora.

Este înterzisă încărcarea, descărcarea sau manipularea manuală a prefabricatelor.

Pentru transportul în teren se recomandă folosirea treilerelor de 10—12 t, tractate de tractoare pe pneuri sau pe șenile, în funcție de condițiile de teren.

Depozitarea la bornă se va face la circa 2 m de marginea săpăturii, pentru a se evita suprasolicitarea pereților gropilor precum și reducerea numărului de manevre de montare în gropi.

2) Întrucît la stîlpii speciali au rezultat prefabricate cu dimensiuni mari, pentru ușurarea transportului s-au executat *fundaații din două bucăți:*

țeavă + trunchi. Asamblarea acestora se execută prin ridicarea trunchiului cu o macara corespunzătoare și îmbinarea prin șuruburi a celor două bucăți.

Se va fasona apoi armătura conform planurilor de execuție, se va monta un cofraj prefabricat și se va turna beton de aceeași clasă cu cel al prefabricatului.

Nu se va manipula fundația prefabricată mai devreme de 7 zile vara, iar iarna după 28 zile.

Betonarea nu se execută sub +5°C sau se va face cu luarea măsurilor indicate la turnarea betonului pe timp friguros.

3) *Pregătirea fundului gropilor* se face ca și la turnarea betonului prin săparea ultimilor 20 cm. Se va marca în fundul gropii perimetrul prefabricatului cu ajutorul unor țăruși. Se va verifica adîncimea de plantare a prefabricatului cu teodolitul.

Se va avea grijă ca fundul gropii să fie plan; în terenuri care nu se pot nivela corespunzător se va turna un strat de 3—5 cm de beton egalizator sau amestec de ciment cu pămînt (1 m^3 pămînt la 150 kg ciment).

4) *Montarea prefabricatelor* se execută după o verificare prealabilă a gropilor dacă corespund dimensional, cît și a prefabricatelor. Cele care după aspect, formă, calitate nu corespund nu se vor monta.

Montarea se va efectua după materializarea prin țăruși uniți cu sîrmă a cotelor *a* și *b*, transversală și longitudinală.

Pentru manipularea prefabricatelor se vor folosi utilaje corespunzătoare: macarale și automacarale.

Cele mai întrebuințate sînt următoarele tipuri de automacarale: AM—5 AD—090, AB—063 și macaraua tractor TK—53 e.

Manipularea piciorului prefabricat se face cu ajutorul unui cablu de prindere care se leagă de urechile prevăzute pe trunchi. Dirijarea se face cu ajutorul a două frînghii legate de urechile de prindere de pe trunchiul de piramidă.

Piciorul se ridică deasupra solului la 0,5 m și macaraua se rotește cu sarcina deasupra gropii. Se lasă în jos piciorul în groapă, după care se desleagă frînghiile de ajutor și cablul din cîrligul macaralei.

Macaraua se deplasează la al doilea picior unde se repetă operațiile de montaj, apoi la 3-lea și al 4-lea.

În timpul manipulării prefabricatului și al coborîrii acestuia în groapă muncitorii trebuie să se afle în afara razei de acțiune a brațului macaralei.

În groapă prefabricatul se va dirija cu ajutorul unor rîngi de ghidare așezate între perete și prefabricat. Cu ajutorul rîngilor se manipulează prefabricatul pe poziție definitivă.

În această fază lucrătorii au acces la marginea gropii, acționînd rîngile de dirijare.

După lansare se întind cele 4 sîrme verificîndu-se cotele *a* și *b*. Picioarele care nu sînt poziționate corect se prind în macara, se ridică cîțiva cm de pe fundul gropii și cu ajutorul rîngilor se manevrează în poziția necesară, astfel ca sîrmele să atingă marginea exterioară a cornierelor picioarelor de fundație.

După orice corectură se execută o nouă verificare a întregului ansamblu, atît a verticalității cît și a planității fundației cu ajutorul ruletei și a teodolitului.

O particularitate a fundațiilor prefabricate o reprezintă montarea coloanelor prefabricate introduse prin vibropresare. Agregatul de vibropresare AVP—1 este un agregat complex, care se folosește la execuția fundațiilor din coloană tubulară, prin înfigerea în terenurile slabe, mlăștinoase, nisipoase, cu ape freatice sau de suprafață.

Agregatul se compune din:

— *tractor S1500 pe șenile* cu mecanism de rulare modificat în vederea măririi stabilității;

— *cadrul anterior* care sprijină lumînarea prin intermediul unei axe fixe și a două axe mobile și care poartă vibrogeneratorul în timpul transportului;

— *cadrul posterior* alcătuit din două rame orizontale, cea inferioară care poartă multiplicatorul ce face legătură între motorul primar, motorul tractorului și generatorul de curent electric și rama superioară care poartă troliul dublu și motorul lui de antrenare. Deasupra cadrului este montată o grindă de lemn pe care se reazimă lumînarea în poziție orizontală de transport;

— *lumînarea* este o construcție metalică sudată, la care muchiile din față alcătuiesc două ghidaje verticale, pentru deplasarea vibroagregatului în timpul funcționării. La partea superioară are o consolă cu două axe pentru rolele de ghidare a cablurilor sistemului de ridicare a vibrogeneratorului;

— *vibrogeneratorul* produce vibrații cu ajutorul a patru excentrici antrenați cu ajutorul unui motor asincron trifazat;

— *dispozitivul de percuție* leagă vibroagregatul de coloana prefabricată. Se compune din percutor și două mecanisme simetrice pe cele două părți de pretensionare;

— *instalația electrică* se compune dintr-un generator de curent alternativ trifazat antrenat de motorul tractorului, motoare electrice de acționare a vibrogeneratorului, a instalației de ridicare-coborîre precum și a instalației de comandă;

— *instalația de ridicare și apăsare* se compune dintr-un troliu cu electromotor de antrenare și două sisteme de role; instalația ridică și coboară lumînarea și produce forța de ridicare și de apăsare asupra coloanei prefabricate.

AVP poate înfige coloane lungi de 7 m sau cu un tronson prelungitor de 9 m. Forța de apăsare este de 11000 daN la o viteză de 2,1—2,5 m/min sau 1,4—1,87 m/min.

Deplasarea agregatului se face cu viteza de 2,36—5,4 km/h, iar în poziție de transport lumînarea este coborîtă.

Modul de lucru. Agregatul se deplasează la locul de lucru unde se fixează coloana pe țărușul care marchează centrul fundației. Verticalitatea coloanei se verifică cu firul cu plumb. Coloana pătrunde în sol prin greutatea proprie 20—30 cm. După aceasta se pornește motorul troliului și al vibrogeneratorului.

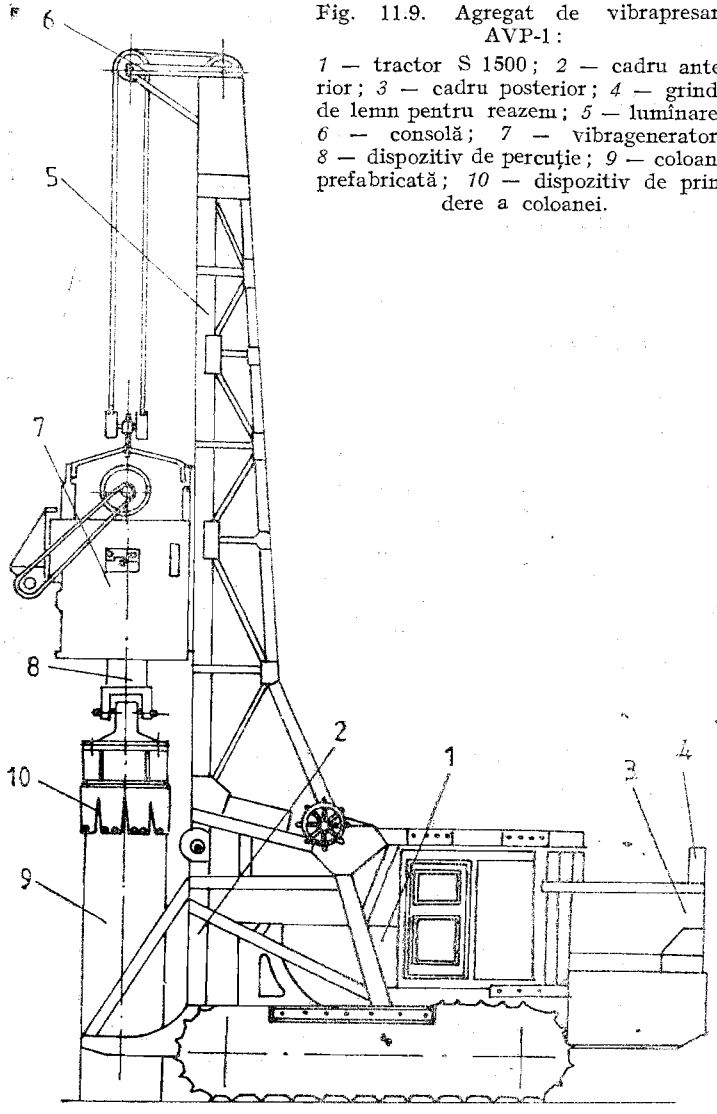


Fig. 11.9. Agregat de vibrapresare AVP-1:
1 — tractor S 1500; *2* — cadru anterior; *3* — cadru posterior; *4* — grindă de lemn pentru reazem; *5* — luminare; *6* — consolă; *7* — vibragenerator; *8* — dispozitiv de percuție; *9* — coloană prefabricată; *10* — dispozitiv de prindere a coloanei.

5) *Umplerea și completarea gropilor* se face prin astuparea cu pămînt fără strat vegetal și fără pietre. Dacă terenul a fost cu apă sau are consistență slabă se va aduce pămînt din gropi de împrumut.

Astuparea se face în straturi succesive de 20 cm, care se pot bate cu maiul.

În cazul plăcilor de ancoraj la stîlpi de 400 kV se taie în malurile gropilor dinspre stîlp două șanțuri înguste în care se vor așeza tiranții de ancorare. Adîncimea și lungimea lor se aleg în așa fel încît să asigure orientarea corectă a tiranților fără să apară încovoieri sau alte eforturi. Tiranții se așează pe cant în groapă pînă la terminarea umplerii.

În jurul fundațiilor se realizează umpluturi mai înalte decît cota terenului avînd suprafețe înclinate care să permită scurgerea apei.

6) *Împrăștierea pămîntului rămas* se face pe platforma stîlpului pe o suprafață cît mai mare pentru a nu se forma movile care să îngreuneze executarea lucrărilor agricole.

7) *Refacerea betonului deteriorat la montaj* este necesară dacă partea superioară a picioarelor a suferit degradări. Remedierea se execută după ridicarea stîlpului.

Se curăță betonul cu o perie de sîrmă, se udă cu apă locurile deteriorate și se fac completări de beton cu mortar de ciment avînd același dozaj ca și betonul prefabricat.

Dacă reparația se execută pe timp călduros se va proteja locul contra acțiunii directe a razelor solare prin stropire cu apă și executarea de umbrare improvizate.

Fundațiile prefabricate nu se tencuiesc.

11.2.13. **Execuția fundațiilor burate**

Fundațiile burate se folosesc la stîlpii de susținere ai LEA de joasă și medie tensiune amplasați pe terenuri în care apa freatică este la maximum 2 m adîncime.

Operațiile necesare execuției fundațiilor burate sînt: trasarea gropilor, săparea gropilor și burarea gropilor.

Operațiile de trasare și săpare se execută similar cu cele descrise la fundațiile turnate.

Săparea se execută de regulă mecanizat cu foreza tip BN 302 și numai în cazul terenurilor cu pante accentuate se va săpa manual.

Săpătura se execută cu puțin timp înainte de ridicarea stîlpilor pentru a se evita înmuierea fundului gropii.

Ultimii 20 cm, în cazul în care fundația a rămas deschisă un timp mai îndelungat, se curăță înaintea ridicării stîlpului și în locul lor se așează un strat de piatră spartă care se bate bine cu maiul.

După ridicarea, alinierea și verificarea verticalității stîlpului se trece la execuția burajului.

Se așează un strat de 20 cm de piatră în jurul stîlpului pe toată suprafața gropii și se bate bine cu maiul.

Peste acest strat se așează un strat de 20 cm de pămînt care de asemeni se bate bine cu maiul.

Operația de burare continuă prin straturi alternante de piatră spartă și pămînt de cîte 20 cm grosime, bine bătute cu maiul avînd grijă ca ultimul strat să fie de piatră. Piatra folosită trebuie să fie de calitate și să nu se spargă la batere. Pămîntul folosit trebuie să nu conțină pămînt vegetal sau corpuri străine și în cazul în care este uscat se va uda cu apă în timpul bateiii cu maiul. Deasupra solului se va executa o movilă conică de pămînt argilos cu diametrul de circa 1,7—1,8 m și înălțime de 0,4—0,5 m.

În cazul săpării manuale fundația se realizează în trepte avînd forme și dimensiunile din fig. 11.10, *a*. Fundația circulară realizată cu foreza este prezentată în fig. 11.10, *b*.

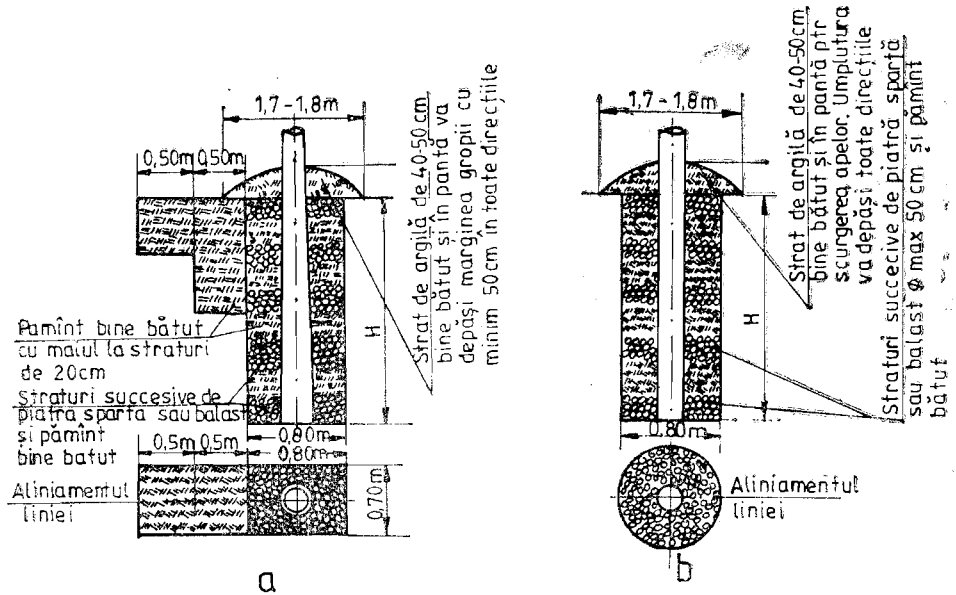


Fig. 11.10. Fundații:
a — burată (săpătură în trepte); *b* — burată circulară.

După execuția fundațiilor burate se vor verifica:

— așezarea stîlpului în aliniament;

— verticalitatea stîlpului;

— poziția consolei care trebuie să fie orizontală și perpendiculară pe aliniament;

— adîncimea de plantare a stîlpului prin măsurarea distanței de la suprafața terenului la reperul din fabrică, amplasat la 4 m de baza stîlpului.

Pămîntul rămas nefolosit se va împrăștia prin lopătarea împrejurul fundației pe o suprafață cît mai mare, pentru a nu se forma movile care să împiedice lucrările agricole.

Agregatele rămase se vor îndepărta din terenul agricol.

11.2.14. Execuția instalațiilor de legare la pămînt ale LEA

a. **Generalități.** În exploatarea *LEA* se pot produce defecte care afectează izolația și pot face ca elementele metalice care în mod normal nu sînt sub tensiune să primească tensiune prin elementul defect, tensiune care pune în pericol viața personalului de deservire sau a persoanelor accidental intrate pe traseul *LEA* (în special pentru *LEA* construite în zona urbană sau rurală).

Pentru protecția oamenilor și animalelor împotriva accidentelor prin electrocutare generată de tensiuni periculoase (de atingere și de pas), stîlpilor *LEA* li se asociază o instalație de legare la pămînt.

Execuția prizelor de punere la pămînt se face în conformitate cu prevederile proiectului, orice abatere fiind interzisă fără acordul proiectantului.

O atenție deosebită trebuie acordată atît realizării prizelor de punere la pămînt cît și verificării execuției corecte și la parametrii impuși.

Execuția prizelor de pămînt se face simultan cu realizarea fundațiilor stîlpilor, montarea stîlpilor fiind interzisă în cazul nerealizării prizei de punere la pămînt.

b. **Execuția instalațiilor de punere la pămînt.**

Instalația de punere la pămînt este un ansamblu de electrozi, îngropați în pămînt legați colectiv între ei și conductoare de legare la pămînt montate între electrozi și elemente speciale ale stîlpilor LEA (plăcuțe de punere la pămînt).

Prin elementele prizei de punere la pămînt se realizează trecerea curenților în pămînt.

Tipurile de prize de pămînt folosite la LEA sînt:

— prize de pămînt de suprafață executate din electrozi îngropați pînă la adîncimea de 1 m de la suprafața solului, din această categorie făcînd parte prizele orizontale cu electrozi lungi din oțel rotund sau oțel lat îngropate la adîncimea de 0,5—1 m sau cu plăci dispuse orizontal;

— prize de pămînt de adîncime cu electrozi îngropați la adîncimea de 1—5 m, în această categorie intrînd prize cu electrozi verticali din țeavă de oțel bătuți sau profile de oțel sau plăci dispuse vertical în pămînt cu adîncimea de îngropare pînă la 5 m;

— prize de pămînt de mare adîncime cu electrozi îngropați la adîncime peste 5 m folosite în cazul solurilor în care stratul superior are o rezistivitate mare.

Ținînd cont de rezistența de dispersie cerută și de terenul disponibil, priza folosită poate avea electrozii întinși în linie dreaptă, în forme poligonale, de raze, în zigzag sau rețea.

La stîlpii *LEA* în realizarea prizelor se pune accent foarte mare pe utilizarea prizelor naturale ale acestora, obținîndu-se o economie importantă de material.

Pentru utilizarea fierului beton din fundație drept priză naturală se prevede legarea electrică a piciorului stîlpului cu armătura fundației.

Ca priză naturală se admite folosirea următoarelor elemente:

— elementele metalice ale construcțiilor adiacente în contact cu pămîntul;

— armăturile metalice ale construcțiilor din beton armat în contact cu pămîntul;

— coloanele de adîncime ale sondelor;

— conductele metalice îngropate pentru fluide necombustibile;

— învelișurile metalice ale cablelor electrice subterane cu condiția prevederii unor legături de continuitate la manșonare.

Realizarea pieselor artificiale se face în următoarele faze tehnologice:

— pregătirea materialelor;

— săparea șanțului;

— montarea electrozilor verticali;

— montarea electrozilor orizontali;

— îmbinarea electrozilor;
— vopsirea instalației de legare la pămînt;
— controlul prizei cu întocmirea procesului verbal de lucrări ascunse;
— astuparea prizei de pămînt;
— verificarea prizei.

După încheierea tuturor operațiilor se determină rezistența de dispersie, tensiunea de atingere și de pas și în cazul în care măsurătorile nu corespund prevederilor din proiect se stabilesc metode de îmbunătățire a prizei de către proiectant și constructor pînă la obținerea rezultatului dorit.

În cazul solurilor cu pH< 6 se vor prevedea elemente de priză protejată în strat de bentonită.

Electrozii industriali se acoperă complet cu bentonită, realizîndu-se o secțiune dreptunghiulară cu laturile de 35 cm (lățimea șanțului) și 20 cm (înălțimea stratului de bentonită) electrodul fiind în mijloc.

Electrozii verticali vor fi înconjurați cu un strat de bentonită de circa 30 cm (diametrul gropii fiind de 60 cm).

Acoperirea cu pămînt se face după întărirea bentonitei, cca. 24 h de la turnare.

Realizarea îmbinărilor subansamblelor se poate face prin sudură sau șuruburi.

11.3. Montarea stîlpilor LEA

11.3.1. Generalități

Funcție de tensiunea liniei și de tipul constructiv al acestora se poate face *o clasificare a stîlpilor în două mari categorii:* stîlpi de beton armat și stîlpi de metal.

Stîlpii de beton armat pot fi:
— centrifugați;
— vibrați;
— centrifugați precomprimați;
— vibrați precomprimați.

Stîlpii de metal se clasifică după execuția lor în:
— stîlpi sudați;
— stîlpi bulonați;
— stîlpi bulonați sudați.

Operațiile care se execută pentru montarea stîlpilor sînt următoarele:
— încărcarea, descărcarea, transportul și manipularea stîlpilor sau componentelor acestora;
— asamblarea stîlpilor;
— ridicarea stîlpilor.

11.3.2. Încărcarea, descărcarea, transportul și manipularea stîlpilor

Aceste operații se execută de o formație de 3—4 muncitori conduși de un șef de echipă. Încărcarea și descărcarea se execută mecanizat cu macarale corespunzătoare sarcinilor pe care le manipulează.

În cazuri cu totul speciale se permite încărcarea și descărcarea manuală, operație la care echipa va fi compusă din 6 muncitori conduși de un șef de echipă. Operația se execută pe un plan înclinat realizat din grinzi de metal. Descărcarea se face astfel ca jumătate din lungimea piesei să fie între cele două grinzi și cîte un sfert din lungime în afara grinzilor. Pentru stîlpi metalici tronsoanele nu se vor rostogoli ci se vor deplasa prin tragere.

Stîlpii metalici vopsiți se vor manipula numai macanizat. Cablurile de manipulare folosite vor fi de oțel normal Ø 15 — 17 de construcție 5 × 9 — 140 B STAS 1353-82 cu cîrlige de 1,2 — 2 t la capete.

La capetele pieselor de manipulare se leagă cîte o funie de ghidare lungă de 15 m pentru a dirija piesa la așezarea pe sol sau într-o mașină de transport.

La ridicarea piesei se verifică echilibrarea ei, dacă aceasta nu este echilibrată se lasă jos și se modifică legătura.

Brațul macaralei se va manipula lin și fără smucituri, iar coborîrea sarcinii se va face cu motorul și nu cu frîna. Micile manipulări pentru corecta așezare la sol sau în mașini se vor face cu rîngile.

Transportul stîlpilor în teren se face cu:

— autocamion și remorcă monoax;

— 2 remorci monoax tractate de UTB;

— remorci speciale treiler sau Enegoutilaj tractate de tractor sau autocamion TATRA;

— sănii de metal tractate de tractor pe șenile în terenuri ude sau la munte.

Alegerea mijlocului de transport se face în funcție de lungimea stîlpilor sau componentelor acestora și greutatea lor.

Tronsoanele sau stîlpii încărcați nu trebuie să depășească greutatea pe care o poate transporta mașina sau remorca și nici să depășească înălțimea de 4 m de la sol.

Tronsoanele metalice se leagă bine între ele și de mașină cu sîrmă de Ø 3—5 mm sau cu funii și lanț. Între ele și sub ele trebuie puse bile de lemn pentru a împiedica frecările.

Transportul se execută cu viteză redusă și cu mare atenție la viraje pentru a evita răsturnarea. Se interzice ca muncitorii să călătorească pe încărcătură.

Înainte de descărcare se va verifica starea legăturilor și stabilitatea pieselor de descărcat.

Se vor evita pornirile bruște. Pe un teren accidentat sau denivelat se va merge cu 3—5 km/h iar șeful de echipă va merge pe jos urmărind starea legăturilor și stabilitatea.

În timpul transportului pe drumuri publice se vor respecta toate regulile de circulație în vigoare.

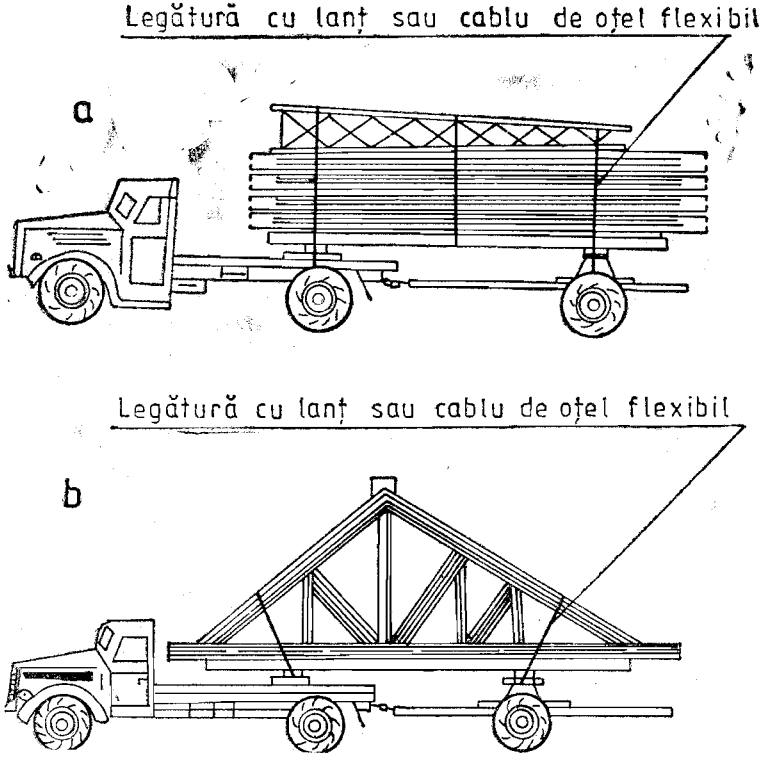


Fig. 11.11. Mașini:
a — încărcată cu tronsoane și pachete de panouri; *b* — încărcată cu un pachet de sferturi.

11.3.3. Asamblarea stîlpilor

Prin asamblare se înțelege operația de îmbinare a tuturor elementelor ce compun stîlpul propriu-zis pentru a fi gata de plantare.

11.3.3.1. Asamblarea stîlpilor din beton

După transportul stîlpilor și componentelor acestora la bornă șeful de echipă va verifica componentele acestora, astfel încît ele să corespundă cu prevederile din proiect pentru borna respectivă. Stîlpii cu crăpături, fisuri, armături dezgolite, curbați, care nu îndeplinesc prevederile STAS 2970—74 „Stîlpi și elemente acesorii prefabricate din beton armat și stîlpi de beton precomprimat pentru *LEA*. Condiții tehnice generale de calitate" nu se asamblează.

Asamblarea se va face pe un teren pe cît posibil neted. În cazul în care terenul este în pantă, montarea se va executa cu baza stîlpului orientată spre vale.

Stîlpul se va așeza paralel cu aliniamentul în poziție de ridicare. Manipularea stîlpului în poziția dorită se va executa manual. Pe poziția aleasă se va ridica vîrful stîlpului cu ajutorul unui vinci și se va introduce un chituc de lemn.

Consola și vîrful stîlpului pot fi din beton sau metal.

În cazul montării consolelor de beton, locul de montaj se va buciarda pentru a se asigura o priză bună între consolă și stîlp cu mortar de ciment. Rețeta de mortar folosită este următoarea: o parte ciment, două părți nisip cernut, o parte apă. Peste mortar se va turna praf de ciment care se scliviseşte.

După montarea consolei și vîrfarului se execută punerile la pămînt a acestora printr-o platbandă de 40 × 4 mm prinsă între găurile prevăzute pe vîrfar, console și stîlp. Platbanda se montează cu șuruburi galvanizate prevăzute cu șaibe de 2 mm grosime. Dacă platbanda nu este galvanizată, locul de montare al șurubului se cositorește pentru asigurarea unui contact electric bun iar restul platbandei se vopsește.

Înainte de ridicarea stîlpilor se montează izolatorii nestrăpungibili. La stîlpii cu legături simple de susținere vîrfarul se montează cu axele găurilor perpendicular pe axa consolei, iar la cei prevăzuți cu legături duble, paralel cu axa consolei.

La stîlpii speciali la care urmează a se monta lanțurile de întindere se vor monta pe vîrfar și console piesele de întindere prevăzute în proiect.

În cazul coronamentelor metalice orizontale sau deformabile stîlpul se va echipa cu tipul de profile indicate în proiectul de execuție. Prinderea consolelor și vîrfarelor metalice la stîlp se face prin brățări sau buloane (pentru stîlpii vibrați). Pe centrul bridelor se montează montanții și traversele conform desenelor de execuție. Se realizează legăturile la pămînt așa cum s-a arătat și la coronamentele de beton.

Pe consolele stîlpilor de susținere sînt prevăzute găuri pentru montarea cîrligelor tip A pentru prinderea lanțurilor de susținere.

La stîlpii de întindere consolele sînt prevăzute cu găuri în care se prind cîrlige tip A la capete, iar în zona centrală două orizontale din cornier, de care se montează cîrlige tip B.

După asamblare se strîng șuruburile astfel încît tot ansamblul, brațe, tiranți, orizontale și buloane să formeze un tot rigidizat.

Stîlpii de beton pentru liniile de 110 kV sînt executați din două bucăți datorită înălțimii mari a acestora, pentru a se ușura transportul și manipularea.

Asamblarea celor două tronsoane se face prin telescopare la bornă. Pe tronsonul de vîrf, la baza acestuia, se trasează un cerc care delimitează suprafața de asamblare cu tronsonul de bază. Suprafața de asamblare se buciardează cu un ciocan special, pentru a se asigura o legătură cît mai bună cu mortarul de ciment folosit la asamblare.

Suprafața interioară a tronsonului de bază se curăță bine de pămînt și se freacă cu o perie de sîrmă.

În tronsonul de bază la capătul de asamblare se introduc două bucăți de carton asfaltat circulare, care se împing pînă la inelul opritor. Baza tronsonului de vîrf se astupă de asemenea cu carton asfaltat.

Asamblarea se execută astfel ca centrul de greutate al stîlpului să se găsească în dreptul fundației acestuia.

Cele două tronsoane se așează pe bile de brad, astfel ca axele celor două tronsoane să coincidă pe cît posibil. Pentru telescopare se pot folosi, fie un tractor, fie două macarale, funcție de greutatea tronsoanelor.

Tronsonul 1 trebuie să intre în tronsonul 2 pînă la linia marcată.

După telescopare se montează consolele metalice și vîrfarul, verificîndu-se ca axele consolelor să fie în același plan. Apoi se centrează tronsonul 1 în tronsonul 2 cu pene de lemn, astfel ca golurile dintre tronsoane să aibă aceeași grosime.

Golurile se astupă cu mortar de ciment, formînd astfel gulerul de îmbinare. Pentru cimentarea ulterioară a tronsoanelor, în partea superioară se lasă o gaură cu diametrul de 2—3 cm prin care se toarnă laptele de ciment. Cimentarea se execută după 24 ore de la executarea gulerelor. Turnarea se execută cu o plînie introdusă în gaura special lăsată; pentru evacuarea aerului se execută cu un cui o gaură în partea superioară a gulerului. După circa 4 ore de la turnarea cimentului gulerele se sclivisesc.

11.3.3.2. **Asamblarea stîlpilor metalici**

După formă și destinație componentele stîlpilor metalici se pot clasifica astfel:

— tronsoane sudate;
— tronsoane bulonate;
— tronsoane din sferturi;
— console;
— brațe;
— traverse.

Asamblarea componentelor se face succesiv în ordinea de montaj indicată în planurile de execuție.

Asamblarea va începe după ce șeful de echipă verifică că s-au transportat la bornă toate componentele.

La stîlpii de susținere, întindere și terminali axa de montaj trebuie să corespundă cu aliniamentul, iar la stîlpii de colț cu direcție perpendiculară pe bisectoare a unghiului de colț.

Cînd condițiile de teren nu permit asamblarea după direcția indicată, se va asambla stîlpul pe o direcție perpendiculară; în acest caz consolele de pe panoul de pe sol vor fi montate de echipa de ridicare.

La asamblare se vor folosi pentru aducerea componentelor în poziția dorită, bile, răngi, scripeți, vinciuri etc.

Modul de asamblare a stîlpilor metalici este în principiu același diferind prin numărul de tronsoane.

Se începe cu asamblarea vîrfarului, apoi tronsonul 1, care se ridică de la sol la circa 30 cm pe chituri la lemn pentru a permite îmbinarea cu tronsonul următor.

Pentru tronsoanele din panouri cu montanți, aceștia se ridică pe muchie asamblîndu-se cu panourile fără montanți, începînd cu cel inferior apoi cu cel superior prin prinderea la fiecare guseu cu un șurub. Se montează apoi diagonalele interioare rigidizîndu-se întreg tronsonul. Tronsoa-

nele executate din sferturi se asamblează două cîte două, cele din dreapta și cele din stînga, se montează toate diagonalele și contravîntuirile.

Fiecare subansamblu se rigidizează cu un popic de lemn, apoi subansamblele se rotesc cu 90° în jurul montanților mai apropiați de axa stîlpului. Se asamblează la gusee sferturile 2 cu 3 și apoi 1 cu 4. Rotirea sferturilor se realizează prin tragere cu o funie sau cu un scripete cu role. Tronsoanele se îmbină între ele după ce se montează consolele.

Stîlpii bulonați se montează în subansamble reper cu reper, obținîndu-se tronsoane sau fețe de tronsoane, care apoi se îmbină între ele.

În terenuri accidentate se vor folosii schele sau eșafodaje. Cînd nu este posibilă asamblarea pe aliniament se vor elabora tehnologii speciale pentru fiecare caz în parte.

La stîlpii tip Y se îmbină întîi brațele cu tronsonul *I* asamblat în prealabil, se asamblează apoi consolele la fiecare braț și după acesta traversele. La traversă se montează vîrfarele. Apoi se asamblează tronsoanele inferioare. După asamblare se verifică strîngerea corectă a tuturor șuruburilor, se verifică ca toate bornele componente să fie drepte, orice defecțiune se va remedia. Cu ocazia verificării asamblării se vor verifica și sudurile iar deficiențele se vor nota și remedia corespunzător. Se verifică ca stîlpul să aibă toate reperele montate pentru a putea fi predat echipei de ridicare.

Șuruburile după strîngere trebuie să iasă din piuliță cel puțin 2—3 spire.

Piesele a căror vopsea s-a degradat la asamblare trebuie să fie grunduite și apoi revopsite. O particularitate la asamblare o constituie stîlpii PAS 400 kV unde după asamblarea stîlpului se montează și ancorele care sînt cabluri de oțel zincat. Ancorele se montează pe o țeavă Ø 100 pe tronsonul *I*. Mijlocul ancorei se așează pe o piesă de protecție-potcoviță și se fixează cu ajutorul unor știfturi. Potcoava de protecție este fixată pe țeava Ø 100, care este piesa de fixare a ancorei. Apoi ancora se desfășoară spre fundația de ancoraj. Capetele cablului de ancoraj se prind provizoriu cu cleme de presiune lăsîndu-se libere extremitățile.

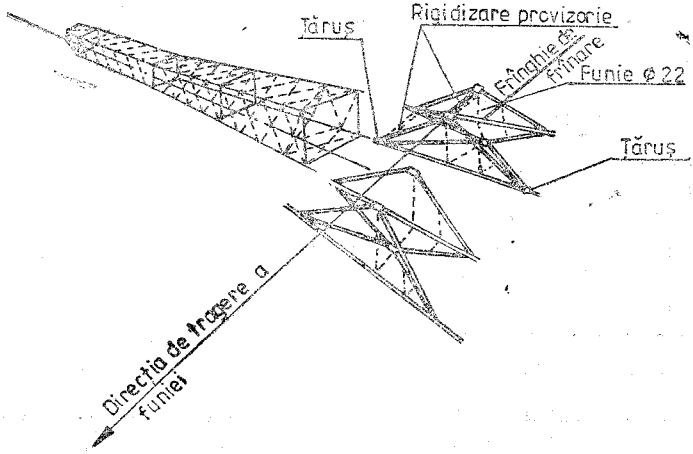


Fig. 11.12. Ridicarea sferturilor în vederea asamblării.

Cele două ancore opuse direcției de ridicare se montează la fundația de ridicare prin intermediul tiranților de ancorare și a butucului cu pene. Pentru aducerea cablurilor la tiranți se foloseste un palan.

Stîlpii PAS 400 kV cu picioare inegale se asamblează pe suprafața terenului corespunzător denivelării dintre fundații, astfel ca tronsoanele de bază să fie în dreptul fundațiilor respective, iar centrul consolei să fie în aliniament.

11.3.4. Ridicarea stîlpilor

Ridicarea stîlpilor este operația tehnologică prin care stîlpul este montat pe fundație în poziție verticală și fixat în aceasta.

În vederea ridicării stîlpilor se execută următoarele operații:

— lucrări pregătitoare;
— ridicarea stîlpului;
— fixarea stîlpului pe fundație;
— verificarea verticalității stîlpului;
— întocmirea fișei tehnologice de recepție.

Ridicarea stîlpilor se poate executa numai după ce fundațiile din beton sînt întărite și anume 7 zile de la turnarea fundației în perioada aprilie-octombrie și 14 zile de la turnare în perioada noiembrie-martie.

Metodele de ridicare a stîlpilor *LEA* folosite de unitățile de construcții-montaj la noi în țară sînt următoarele:

— ridicarea prin basculare
— ridicarea cu macaraua
— clădirea stîlpilor cu macaraua sau biga.

11.3.4.1. Ridicarea stîlpilor de beton

Stîlpii de beton se pot ridica fie cu macarale corespunzătoare greutății și lungimii acestora, fie prin basculare cu caterg fix sau capră mobilă și tractor.

În vederea ridicării stîlpilor de beton, după asamblarea acestora se verifică:

— tipul stîlpului să corespundă cu prevederile din proiect;
— calitatea asamblării;
— remedierea defectelor de suprafață ale betonului stîlpului;
— montarea armăturilor de prindere a lanțurilor izolatoare;
— poziția piuliței și plăcuței de legare la pămînt;
— montarea platbandei galvanizate de punere la pămînt a armăturilor elementelor stîlpului;
— trasarea unei linii la baza stîlpului care să marcheze adîncimea de plantare;
— se verifică fundația să corespundă dimensional și calitativ proiectului și dacă este cazul se curăță golul fundațiilor de materiale căzute în el, pentru a se asigura adîncimea de plantare.

Eventualele deficiențe constatate se vor remedia.

Poziția corectă de ridicare a stîlpilor de beton este cu centrul de greutate peste mijlocul golului fundației, iar stîlpul în lungul aliniamentului. În cazul în care poziția este incorectă se va manipula stîlpul în poziția corectă.

Stîlpii de colț se orientează după bisectoarea unghiului.

Stîlpii de beton vibrat precomprimat trebuie să aibe golurile laterale pe sol, dacă nu se găsesc astfel se aduc în poziția respectivă prin răsucire. Prinderea stîlpilor vibrați în vederea ridicării se va face obligatoriu în dreptul unui plin.

a. **Ridicarea stîlpilor cu macaraua.** Macaraua folosită pentru ridicare trebuie aleasă în funcție de greutatea stîlpului și lungimea acestuia.

Pentru stîlpii de joasă tensiune și medie tensiune se folosesc macarale de 5—3 t.

Pentru stîlpii de beton 110 kV se utilizează macaraua K—162 de 16 t sau o altă macara similară.

Automacaraua K—162 este o macara Diesel-electrică de 16 t, care poate funcționa calată și necalată funcție de greutatea stîlpului. Este dotată cu un braț principal lung de 10 m, care se poate prelungi cu tronsoane suplimentare la 14,18 sau 22 m. Brațul prelungit în cazul unor sarcini de 2 t poate fi echipat cu un cap terminal de 5 m (gît de lebădă) prevăzut cu un cîrlig suplimentar.

Caracteristici tehnice;

1) Forța de ridicare:
— cu braț de 10 m, 16 t;
— cu braț de 22 m, 2 t.
2) Înălțimea de ridicare:
— cu braț de 10 m, 10,5 m;
— cu braț de 14 m, 14,5 m;
— cu braț de 18 m, 18,5 m;
— cu braț de 22 m, 22,4 m.
3) Viteza de ridicare a cîrligului principal:
— cu braț de 10 și 14 m, 1,33—8 m/min;
— cu braț de 18 și 22 m, 8,2—12,8 m/min.
4) Unghiul de rotire a turelei 360°;
5) Viteza de deplasare a automacaralei:
— 50 (40) km/h pe șosele;
— 5 km/h pe traseul liniei.
6) Masa totală 21,5 t.
7) Temperatura mediului ambiant —40°C la +40°C.
8) Viteza vîntului admisă la lucru cu macaraua 17 m/s.

Macaraua este prevăzută cu următoarele dispozitive:
— limitator de forță de ridicare;
— limitator de sarcină funcție de înclinarea brațului;
— indicator de înclinare a macarale;
— limitator de cursă de ridicarea sarcinii.

Dimensiuni de gabarit în timpul transportului: 14000 × 2750 × × 3955 mm.

Procesul tehnologic de ridicare a stîlpilor de beton cu macaraua se compune din:
— pregătirea macaralei;
— ridicarea stîlpului;
— alinierea și fixarea stîlpului.

a.1. **Pregătirea macaralei.** Înaintea amplasării macaralei se va verifica rezistența solului în zona de ridicare, se va amenaja o platformă de lucru de pe care se vor înlătura toate obstacolele care pot împiedica aducerea macaralei.

Macaraua se aduce într-o poziție paralelă cu aliniamentul la o distanță convenabilă de stîlp, astfel ca centrul de rotire al macaralei să corespundă cu centrul de greutate al stîlpului. După poziționarea macaralei față de stîlp și fundație se execută calarea și se echilibrează conform instrucțiunilor sale de exploatare.

Se rotește brațul din poziția înainte spre lateral, se ridică deasupra stîlpului și se lasă cîrligul la sol pînă ce acesta cade în axa stîlpului. Se rotește apoi brațul macaralei și se verifică dacă la o rotire a cîrligului de 1,5—5 m cîrligul ajunge în axa fundației.

În caz contrar se reface calarea, după care se revine cu brațul ridicat deasupra locului de prindere a stîlpului pentru ridicare.

Pe stîlpul de beton sub cîrligul macaralei se înfășoară cablul de ridicare.

La baza stîlpului se vor lega frînghiile de dirijarea stîlpului în momentul introducerii în groapă. Stîlpii de beton de 110 kV se vor rigidiza în prealabil cu ajutorul unui dispozitiv care are scopul de a transforma stîlpul într-o grindă cu reazem, care să evite deteriorarea stîlpului la ridicare din cauza propriei greutăți.

Dispozitivul de rigidizare se compune din:

— *un cablu de rigidizare normal,* mat Ø 18,3 mm 6 × 19 — 140 B STAS 1353-83 cu sarcina teoretică de rupere de 15523 kg. Lungimea este funcție de stîlp. Cablul va fi prevăzut la un capăt cu un cîrlig, iar la celălalt cu un ochi, pentru prinderea întinzătorului de cablu;

— *un cablu de prindere pentru legături-normal,* mat Ø 18,3 mm 6 × 19 — — 140 B cu capetele legate sub formă de ochi cu 4 cleme pentru cablu de oțel și lungimea de 3,6 m × 2;

— *un întinzător de cablu de 6 t,* STAS 2879/71, prevăzut cu cîrlige la ambele capete cu lungimea circa 1 m;

— *un popic din lemn de esență tare* Ø 20—25 cm cu o lungime de 1,8 m; la un capăt se va rotunji după circumferința cercului tronsonului de stîlp, iar la celălalt capăt va fi crestat pentru introducerea cablului de rigidizare Ø 18,3 mm;

— *un chituc de lemn de esență tare,* care se introduce deasupra consolei pentru protejarea betonului stîlpului;

— *un scripete de ajutor cu 35 m funie de cînepă Ø 14 mm*; un capăt al funiei se leagă de popic. Scripetele folosește la înlăturarea rigidizării stîlpului. Scripetele se prinde de consola interioară cu un cablu Ø 10,7 mm 6 × 19-120 B STAS 1353 cu capetele împletite sub formă de ochi.

Cablul de prindere se leagă la 2,5 m de baza stîlpului.

Dispozitivul se rigidizează pînă cînd stîlpul capătă o ușoară curbură în sus.

a.2. **Ridicarea stîlpului de beton.** Ridicarea stîlpului de beton se face prin manevrarea simultană a cîrligului macaralei în sus și rotirea brațului.

Muncitorii care ridică stîlpul vor fi amplasați în afara razei de cădere a stîlpului și vor manevra stîlpul prin frînghii de dirijare. După ridicarea

bazei stîlpului la circa 30 cm de la sol se va dirija din frînghii baza stîlpului spre groapă, apoi se va continua ridicarea cu macaraua astfel încît stîlpul să alunece în groapă.

Pentru ca stîlpul să nu frece prea tare pereții fundației, operatia va fi urmărită îndeaproape de șeful de echipă, care va dirija manevrarea convenabilă a brațului macaralei și a frînghiilor de dirijare.

Alinierea stîlpului se începe chiar în timpul ridicării prin montarea unui dispozitiv pentru răsucit stîlpul; acest dispozitiv se montează pe stîlp înainte ca baza stîlpului să atingă fundul gropii. Cu acest dispozitiv și cu ajutorul unor rîngi se aduce centrul stîlpului în centrul gropii cu consolele perpendicular pe aliniament în cazul stîlpilor de susținere sau cu consolele orientate după bisectoarea unghiului în cazul stîlpilor de colț. După orientarea corectă a stîlpului se comandă de către șeful de echipă coborîrea definitivă în groapă. Operația se va executa manevrînd numai pisica macaralei. Se demontează dispozitivul de răsucire a stîlpului și cu ajutorul macaralei se aduce stîlpul la verticală blocîndu-se cu ajutorul a 4 pene din lemn introduse forțat prin batere între stîlp și peretele gropii. Verticalitatea stîlpului se verifică cu ajutorul firului cu plumb sau cu teodolitul.

Se demontează apoi prin manevrarea cîrligului macaralei legătura la stîlp și se aduce brațul macaralei în poziție de marș. Se demontează apoi de un muncitor echipat cu centură de siguranță și cască de protecție dispozitivele de rigidizare și frînghiile de dirijare.

b. **Ridicarea stîlpilor cu beton prin basculare.** Se execută cu ajutorul unui catarg fix sau cu o capră de ridicat și tractor.

Această metodă se folosește numai dacă în șantier nu există o automacara sau condițiile din teren nu permit folosirea macaralei.

Operațiile necesare sînt următoarele:

— montarea dispozitivului de ridicare;
— ridicarea stîlpului;
— alinierea și fixarea stîlpului;
— demontarea dispozitivului de ridicare.

Dispozitivul de ridicare se compune din:

— stîlp de lemn așezat pe o talpă metalică, în vîrful stîlpului este montată o rolă fixă a unui palan de 8 t;
— cablu de legătură de Ø 13 mm și lungimea de 2,5 m;
— rolă simplă de direcție montată la baza stîlpului;
— cablu de prindere rolă de direcție de Ø 12 mm și 5 m lungime;
— cablul palanului trecut peste rolă, care se leagă la cîrligul tractorului.

Rola simplă a palanului se leagă la vîrful stîlpului ajutător iar rola mobilă la cablul de bază. După ridicarea stîlpului ajutător manual, acesta se ancorează cu un cablu de oțel Ø 13 mm fixat la circa 20—25 m de fundație în 4 ancore la țăruși metalici bătuți în pămînt. Cele 4 ancore se leagă la vîrful catargului prin intermediul unei brățări circulare.

Schema de ridicare este redată în fig. 11.13.

Ridicarea catargului se execută cu ajutorul unei capre de lemn care se așează peste catarg în mijlocul său.

Ridicarea stîlpului de beton se face prin legare la 0,5 m de la centrul de greutate spre vîrf a unui gînj (cablu flexibil Ø 16 mm); de

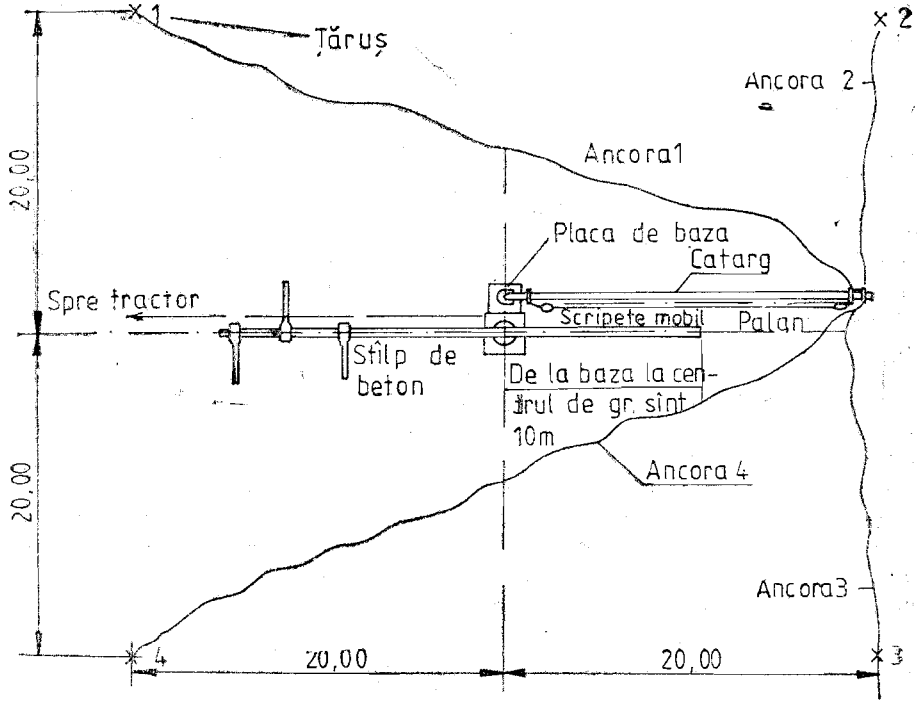


Fig. 11.13. Așezarea catargului și a stîlpului pentru ridicare.

acest cablu se leagă rola mobilă a palanului. De cablul de la baza catargului se fixează rola de direcție, peste care se trece cablul de tragere, capătul liber legîndu-se la cîrligul tractorului.

Prin deplasarea tractorului, încet, lin, cablul de tragere se întinde iar stîlpul de beton începe să se ridice.

Baza stîlpului de beton este manevrată cu frînghii de dirijare înlesnind alunecarea acesteia pe pămînt deasupra golului fundației.

Cînd baza stîlpului ajunge deasupra fundației se manevrează frînghiile legate de vîrful stîlpului de beton. Pentru introducerea stîlpului în groapă se slăbește cablul de tragere prin manevrarea tractorului înapoi. Stîlpul coboară încet în groapă. Alinierea și fixarea se execută ca și în cazul ridicării cu macaraua.

Urmează demontarea dispozitivului de ridicare; țărușii de ancorare se scot prin tragere cu tractorul, astfel încît să nu se deformeze.

11.3.4.2. **Ridicarea stîlpilor metalici**

a. **Metoda basculării.** După verificarea asamblării stîlpului se manevrează acesta astfel încît să fie adus în poziția necesară articulării. Pentru aceasta două dintre picioarele stîlpului trebuie să ajungă în apropierea a doi montanți (cei de pe sol), poziția stîlpului fiind în direcția aliniamentului

În cazuri excepționale se poate ca poziția să fie pe perpendiculară la aliniament, consolele de pe acea parte a stîlpului montîndu-se în timpul ridicării.

La cele două picioare se montează cîte o pereche de balamale. Montarea balamalelor se face jumătate pe piciorul de fundație și jumătate pe montant ; stîlpul se prinde la prima balama, după care se manevrează tronsonul de bază și se prinde a doua balama la cel de-al doilea picior. Pentru ca efortul de ridicare să fie preluat de întreaga fundație se execută o rigidizare prin montarea ramelor de ridicare. Ridicarea se face cu ajutorul unui stîlp ajutător (capră de ridicare), care permite micșorarea eforturilor de tracțiune.

Stîlpul ajutător, funcție de greutatea stîlpului metalic, poate fi de lemn sau metalic. În terenuri slabe stîlpul ajutător sau capra se sprijină pe tălpi pentru a se mări suprafața de reazem.

La începerea ridicării poziția stîlpului ajutător este înclinată cu un unghi de 20—30° față de verticală, iar axa lui și axa stîlpului metalic trebuie să fie în același plan vertical.

Cablul de tragere nu se leagă direct de stîlpul metalic ci prin intermediul unui alt cablu de oțel numit ham, care esre trecut liber pe șanțul rolei de egalizare, iar la stîlp prin intermediul a doi cercei, care se prind pe montanți în dreptul consolelor inferioare. Cablul de tracțiune este trecut peste stîlpul ajutător printr-o crestătură a stîlpului de lemn sau în cazul caprei metalice este legat de o piesă numită opritor, iar capătul liber se leagă de cîrligul tractorului.

În fig. 11.14 este redată schema de ridicare a unui stîlp metalic. Ridicarea stîlpului ajutător se face cu tractorul și cu ajutorul unor ancore auxiliare fixate la țăruși metalici.

Stîlpul metalic este ancorat de la vîrf pe direcția axei stîlpului cu un cablu metalic de frînare, care are rolul de a ține stîlpul în momentul în care acesta ajunge aproape de verticală și centrul de greutate trece dincolo de linia balamalelor.

Cablul de frînare lungimea de cca. 80 m și diametrul Ø 12 mm. Capătul liber este trecut peste un butuc de lemn al rolei de frînare. Rola de frînare este legată solidar de țăruși de ancorare sau la un chituc introdus în pămînt (mort).

Ridicarea se execută prin tragere cu tractorul, care se deplasează încet și continuu, fără a introduce în dispozitivul de ridicare șocuri.

După desprinderea stîlpului de la sol tractorul este oprit și se verifică sub sarcină toate elementele de ridicare, precum și fundația.

Se continuă apoi ridicarea, avîndu-se grija ca ansamblul tractor, cablu de ridicare, stîlp ajutător și cablu de frînare să se afle în planul vertical de tragere. La ieșirea din sarcină a stîlpului ajutător, dacă se produc șocuri, se oprește tragerea pînă cînd cablul de tragere nu mai balansează. Cînd stîlpul metalic ajunge aproape vertical și picioarele sale libere sînt la 40—60 cm de picioarele de fundație ridicarea se oprește și se montează eclisele și guseele de îmbinare. În această poziție stîlpul este ținut de cablul de frînare, care se menține într-o poziție întins. După prinderea eclislor pe picioarele de fundație se scot ramele de consolidare și se continuă aducerea stîlpului în poziția finală, slăbindu-se cablul de frînare lent, fără șocuri. După prinderea stîlpului la cele două picioare libere se demontează

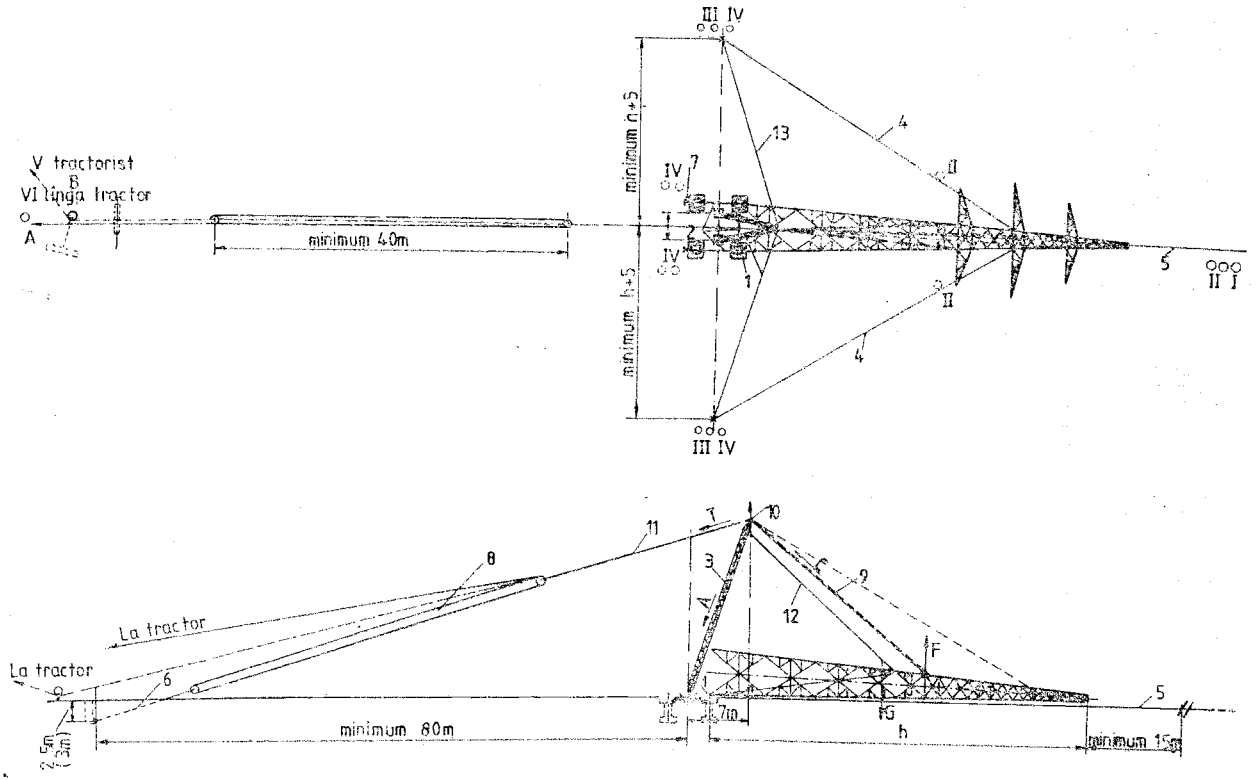


Fig. 11.14. Schema de ridicare a stîlpilor metalici LEA 220 kV dublu circuit. Specificația tachelajului principal: *1* — balaua de ridicare; *2* — rame de rigidizare; *3* — capra de ridicare; *4* — ancore laterale; *5* — ancoră de frînare; *6* — ancoră; *7* — vinciuri; *8* — palan; *9* — cablu de ridicare; *10* — dispozitiv opritor cu declanșare; *11* — cablu de tragere; *12* — cablu de coborîre a caprei; *13* — ancore laterale pentru capră; *h* — înălțimea stîlpului; *A, B, F, G, T* — eforturi care apar în timpul ridicării stîlpului; *I, II, III, IV, V* — categoriile de încadrare ale muncitorilor (locurile de lucru indicate prin cerculețe).

Tabelul 11.3

Toleranțele admisibile pentru montarea stîlpilor

Nr. crt.	Categoria toleranței	Valorile admisibile ale toleranței
1	Devierea bazei stîlpului față de axul longitudinal al liniei	Pentru $a \leqslant 200$ m: 0,20 m Pentru $a > 200$ m: 0,25 m
2	Înclinarea longitudinală sau transversală a stîlpului	Pentru $h \leqslant 20$ m: 1 : 100 Pentru $h > 20$ m: 1 : 200
3	Înclinarea traverselor în plan orizontal sau vertical	Pentru $h \leqslant 20$ m: 1 : 50 Pentru $h > 20$ m: 1 : 100

a — deschiderea între stîlpi în [m]; h — înălțimea stîlpilor în [m].

balamalele pe rînd, realizîndu-se prinderea definitivă a stîlpului de fundație. Se controlează apoi verticalitatea stîlpului, care trebuie să se încadreze în valorile de toleranță din tabelul 11.3. Verificarea verticalității stîlpului se face cu teodolitul. În cazul apariției unor erori față de limitele admisibile trebuiesc luate măsuri de remediere a stîlpului, vizate de proiectant și executate de constructor. După terminarea ridicării se trece la demontarea dispozitivului de ridicare, a cablelor și țărușilor de ancorare, care se vor muta la un alt stîlp. În cazul în care stîlpul este amplasat în apropierea drumurilor publice, căi ferate, alte instalații, se vor lua măsuri de pază și semnalizare în vederea evitării accidentelor. Ridicarea stîlpilor se poate face și pe timp de iarnă cu luarea unor măsuri suplimentare: echipa va fi dotată cu echipament corespunzător iar amplasarea dispozitivului de ridicat se va face după curățarea stratului de zăpadă și gheață. În cazul acoperirii stîlpului cu chiciură se interzice urcarea muncitorilor pe stîlp, implicit ridicarea acestuia.

b. **Ridicarea cu macaraua.** Este în principiu identică cu ridicarea stîlpilor de beton de 110 kV. Prinderea stîlpului la cele două picioare cu balamale și rigidizarea fundației se execută în același mod ca la metoda basculării.

Suplimentar este necesară realizarea rigidizării tronsonului de bază cu ajutorul unor popici (stîlpi de lemn) sau traverse montate deasupra găurilor de prindere a ecliselor și guseelor de fundație.

Cablul de ridicare se va monta la un montant deasupra centrului de greutate, în apropierea consolei inferioare.

Cablul de frînare se va monta de vîrful stîlpului și se va trece printr-o rolă de direcție montată la țăruși de ancorare sau la un chituc îngropat (mort). Operația de fixare a stîlpului la fundație este cea descrisă anterior la punctul *a*. Metoda este eficientă din punct de vedere al creșterii productivității muncii, eliminînd dispozitivul de ridicare (stîlp ajutător, capră, cabluri) și scurtînd timpul de ridicare.

Dezavantajul metodei constă în imposibilitatea amplasării macaralei în terenuri accidentate și cu pantă.

c. **Metoda clădirii stîlpilor.** Este o metodă modernă de montare a stîlpilor metalici bulonați (în special), care permite execuția în orice con-

diții de teren. Prezintă avantajul reducerii suprafețelor de teren ocupate la ridicarea stîlpilor, precum și a unui consum redus de carburanți în timpul montajului. Dezavantajul metodei constă în consumul mai ridicat de forță de muncă.

Clădirea stîlpilor se execută cu un dispozitiv numit bigă.

Biga este un dispozitiv simplu de forma unui catarg metalic cu secțiune triunghiulară sau patrată, ancorat la partea inferioară de montanții stîlpului, iar la partea superioară la sol prin intermediul unor țăruși de ancorare.

Stîlpul se transportă la bornă sub formă de pachete, care se desambalează și apoi se preasamblează în subansamble, sferturi, tronsoane sau panouri, funcție de sarcina de ridicat a bigii întrebuințată.

Biga se compune în principal din două componente:

1) *Construcția metalică* este o grindă cu zăbrele din țeavă urmărind ca formă diagrama de efort.

Se compune din:

— tronsonul de bază cu talpă;
— tronsoanele intermediare;
— tronsonul de vîrf cu cap rotitor și cruce de ancorare.

Talpa servește la bascularea bigii prin articulație cu nucă și la devierea cablului de ridicare a sarcinii prin intermediul unei role de deviere.

Tronsonul de bază are la partea inferioară o formă tronconică cu o porțiune dreaptă pe care sînt sudate piese de fixare a ancorelor inferioare. La partea superioară tronsonul se termină cu piese de îmbinare cu tronsoanele intermediare. Talpa se compune din semibalama superioară, semibalama inferioară, rolă de deviere, lagăr nucă și bolț articulație.

Tronsonul de vîrf are în partea superioară un bolț special care servește la asamblarea capului rotitor și a crucii de ancorare. Capul rotitor este o bucșe pe care sînt sudate două bride solidarizate prin intermediul unor plăcuțe. De aceste bride se fixează două role care alcătuiesc mufla fixă necesară formării palanului pentru ridicarea sarcinii. Montarea rolelor se face pe rulmenți axiali cu bile.

Crucea de ancorare permite montarea ancorelor superioare prin intermediul unor piese de tip CAL. La partea inferioară tronsonul de vîrf este prevăzut cu dispozitive de îmbinare cu tronsoanele intermediare.

2. *TAGHELAJUL* este alcătuit în principal din următoarele:

— mufla mobilă;
— cablul de ridicare sarcină;
— ancora inferioară;
— ancora superioară.

Mufla mobilă împreună cu mufla fixă de pe tronsonul de vîrf formează palanul de ridicare a sarcinii. Între ele se montează cablul de ridicare, care are un capăt fixat pe mufla fixă iar capătul liber se fixează la un troliu manual sau mecanic.

Cablul de ridicare este Ø 15—6 × 19 avînd lungimea calculată cu relația: $6(h_s + h_b)$; h_s este înălțimea stîlpului, iar h_b — înălțimea bigii.

Ancora inferioară se compune dintr-un cablu Ø 17, o rolă fixă și o rolă mobilă. Un capăt al cablului se leagă fie la partea inferioară a bigii, fie la rola fixă; celălalt capăt se fixează fie la un montant al stîlpului, fie prin intermediul rolei la un țăruș de ancorare. Ancora superioară se poate

monta în două variante: la crucea de ancorare sau sub nivelul capului rotitor. În cazul ancorajului la crucea de ancorare un capăt al ancorei este prins la cruce, iar celălalt capăt la sol la o distanță D impusă prin proiectul tehnologic de montaj al stîlpului. Manipularea ancorei se poate realiza funcție de tipul bigii cu „ERDIR" sau troliu manual. „Mortul" poate fi țăruș bătut, grindă îngropată sau fundație de beton. Cablul de ancoraj poate fi funcție de tipul bigii Ø 21—6 × 37 sau Ø 17 — 6 × 37.

Distanța de ancoraj D se stabilește funcție de:

— sarcina de ridicat;
— unghiul de înclinare al bigii;
— înălțimea de ridicare a sarcinii.

Ancorajul superior sub nivelul capului rotitor are avantajul reducerii distanței de ancorare, dar și dezavantajul folosirii nejudicioase a înălțimii bigii datorită unghiului minim dintre bigă și ancoră.

Componența bigii este redată în fig. 11.15.

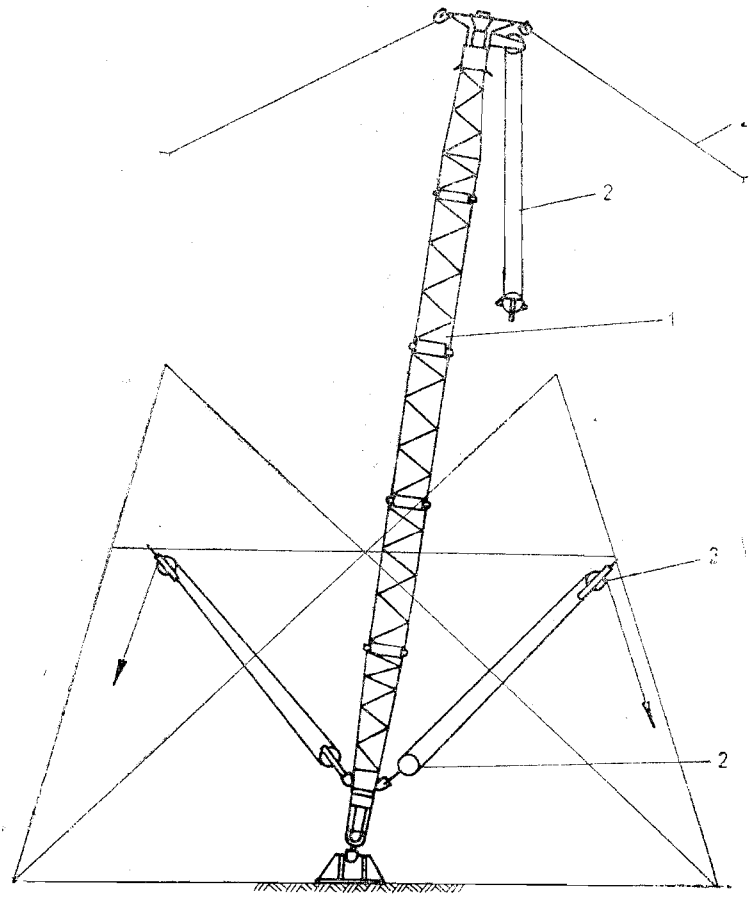


Fig. 11.15. Componență bigă:
1 — construcție metalică; *2* — tachelaj.

Ridicarea bigii în poziție de lucru se poate face fie cu o macara corespunzătoare, fie cu ajutorul unei capre metalice asemănător ridicării stîlpilor metalici prin basculare. În cazul clădirii combinate a stîlpilor metalici cu macara și bigă, aceasta se poate ridica direct la înălțime folosind tachelajul propriu. Biga poate lucra ancorată în interiorul stîlpului sau în afara stîlpului.

În prezent sînt tipizate următoarele bigi:

h = 10 m, sarcina de ridicat 500 daN;
h = 16 m, sarcina de ridicat 1000 daN;
h = 20 m, sarcina de ridicat 2000 daN;
h = 30 m, sarcina de ridicat 5000 daN.

Caracteristicile de lucru ale bigilor:

— unghiul de lucru 0—45°;
— unghiul minim al ancorei superioare 15°;
— unghiul minim al ancorei inferioare 45°;
— numărul de ancore superioare 4;
— numărul de ancore inferioare 4.

11.3.5. Protecția anticorozivă a stîlpilor metalici și a confecțiilor metalice ale *LEA*

Protecția anticorozivă a stîlpilor metalici și a confecțiilor metalice aferente *LEA* (suporți, console, armături) se execută prin două metode: zincare sau vopsire.

Metodele de protecție sînt cuprinse în STAS 10702-1/83 „Acoperiri protectoare" și STAS 10702/2-80 „Acoperiri protectoare pentru construcții situate în medii neagresive, slab agresive și cu agresivitate medie" și STAS 10188/1-77 „Pregătirea mecanică a suprafețelor".

Procesul tehnologic cuprinde următoarele operații:

— cutățirea (pregătirea) suprafețelor ce urmează a fi protejate;
— grunduirea suprafețelor;
— vopsirea suprafețelor.

11.3.5.1. Pregătirea suprafețelor

Pregătirea suprafețelor constă în îndepărtarea oricărei urme de rugină de pe suprafața materialului, degresarea suprafețelor, curățirea noroiului, ștergerea apei.

Îndepărtarea ruginei se poate face manual prin frecare cu perii de sîrmă, spacluri, răzuitoare, dălți etc.

O altă metodă este prin arderea stratului de rugină cu flacără oxiacetilenică sau cu lămpi de benzină. Această metodă trebuie aplicată cu multă grije, pentru a nu se afecta prin încălzire exagerată structura materialului.

Prin această metodă se îndepărtează și grăsimea de pe suprafețe, cît și umezeala.

În cazul curățirii normale a ruginii, degresarea se face prin ștergere cu tampon înmuiat într-un dizolvant: white-spirit, terebentină sau benzină.

Este interzisă folosirea petrolului lampant, deoarece atacă metalul. Vopseaua veche se poate îndepărta cu sodă caustică, cu decanol sau prin ardere. Soluția de sodă va fi formată din 4 kg apă la 1 kg sodă și va fi aplicată prin pensulare de mai multe ori la intervale de 1 h. Urmele de sodă se îndepărtează prin spălare cu apă, după uscare suprafețele se șterg cu un dizolvant pentru a îndepărta stratul de vopsea.

Noroiul se îndepărtează prin spălare cu apă și frecare cu o perie aspră, apoi se șterge cu o cîrpă uscată. Zăpada, gheața se îndepărtează prin sfărîmare sau prin încălzire, apa se șterge cu cîrpe uscate și curate.

Praful se îndepărtează cu ajutorul unei mături sau cu o perie moale.

11.3.5.2. **Grunduirea manuală**

Grundul este primul strat protector care se aplică pe suprafețele curățate (la cel mult 3—4 h).

Grundurile sînt preparate pe bază de miniu de plumb sau de fier. Înainte de aplicare se amestecă foarte bine și se strecoară printr-o sită de mătase. Este interzisă diluarea cu benzină sau gaz, care le slăbește adeziunea la suprafețe și rezistența la agenți atmosferici.

Aplicarea grundului se face prin pensulare într-un strat subțire, fără scurgere. Grundul trebuie să adere bine, să fie elastic și să aibă o bună capacitate de protecție.

Grundul se poate aplica și prin pulverizare cu aparate electrostatice. Straturile ulterioare se vor aplica după uscarea perfectă a grundului. Grundul se aplică numai în condiții de temperatură ridicată peste +5 °C și în lipsa umidității. Grundul se păstrează în bidoane cu capac, cantitatea neutilizată dintr-un bidon se acoperă cu apă, care împiedică întărirea pînă a doua zi.

11.3.5.3. **Vopsirea manuală**

Înainte de aplicarea vopselei peste grund se vor șterge de praf suprafețele. Vopsirea se face în două sau mai multe straturi, conform indicațiilor din proiect. Vopseaua se aplică prin pensulare într-un strat uniform, întins și cu o bună aderență la grund. Vopsirea stîlpilor ridicați se face de sus în jos și de la vîrful consolelor spre stîlp. Suprafața vopsită trebuie să nu prezinte valuri, scurgeri, umflături, zone nevopsite.

Prin noul strat de vopsea trebuie să nu se vadă cel anterior.

Culoarea straturilor va fi diferită pentru a se putea identifica numărul de straturi date:

Nu se admite vopsirea în condiții de umiditate sau de temperatură sub +5 °C.

Straturile de vopsea se vor aplica după ce stratul precedent s-a uscat definitiv.

În prepararea vopselelor toamna se va adăuga un sicativ (cel mult 10%) pentru a grăbi uscarea.

Calitatea vopsirii se va urmări pe tot fluxul tehnologic prin verificarea de către responsabilul lucrării a:

— calității vopselelor puse în lucru cu privire la culoare, vîscozitate, puritate, putere de acoperire;

— curățirea suprafețelor protejate;

— uscarea straturilor de grund sau de vopsea, înainte de aplicarea următorului strat;

— grosimea, uniformitatea și culorile straturilor aplicate.

11.4. Montarea conductoarelor LEA

11.4.1. Generalități

Montarea conductoarelor este operația cea mai importantă în execuția liniilor electrice aeriene. De calitatea lucrărilor de montaj conductoare depinde buna funcționare a LEA, siguranța în exploatare, a asigurării cu energie electrică a zonelor industriale, urbane și rurale. În majoritatea cazurilor LEA de medie tensiune și înaltă tensiune străbat terenuri agricole, terenuri cu sol agresiv datorită chimizării, obstacole (rîuri, drumuri, căi ferate, alte LEA, canale de irigații, păduri, lacuri etc.). Montarea conductoarelor în aceste condiții impune aplicarea unor metode de lucru care să asigure derularea conductoarelor fără deteriorare, precum și circulația mijloacelor de transport și utilajelor tehnologice pe coridoare de lucru, în scopul respectării prevederilor Legii nr. 59/78 și Decretului nr. 237/78.

Metodele de montaj trebuie să asigure pe lîngă integritatea conductoarelor, scurtarea la maxim a duratei de montaj, care să conducă la scurtarea timpului de ocupare a terenurilor agricole, precum și la scurtarea timpului execuției supratraversărilor, care implică întreruperea circulației sau furnizarea energiei electrice la consumatori.

La toate tipurile de LEA metodele de montare cele mai utilizate sînt:

— metoda tamburului fix;

— metoda tamburului mobil;

— metoda firului pilot.

Pentru montarea conductoarelor în condiții speciale ca supratraversări de CF electrificate, rîuri mari, lacuri, paralelism cu alte LEA în funcțiune, dublări de circuite în funcțiune sînt necesare tehnologii speciale, care să fie elaborate de proiectant și constructor funcție de dotarea tehnică existentă în țară.

11.4.2. Echiparea LEA

11.4.2.1. Conductoarele

Conductoarele folosite la LEA pot fi:

— conductoare izolate;

— conductoare neizolate.

Conductoarele izolate se folosesc în echiparea *LEA* jt și iluminat și pot fi monofilare sau torsadate. Conductoarele izolate sînt conductoare de Al. cu secțiuni diferite funcție de încărcarea *LEA*, construite conform STAS 3032—80. Conductoarele neizolate sînt conductoare funie din aluminiu, AL-OL S sau OL zincat.

După scopul utilizării conductoarele pot fi:

— *conductoare active* care alcătuiesc fazele pentru transportul energiei electrice, în general construite din AL-OL conform STAS 3000—80, folosindu-se un conductor pe fază, două, trei sau, în cazul LEA 750 kV cinci conductoare pe fază;

— *conductoare de protecție* care protejează linia contra supratensiunilor atmosferice, executate din OL-Zn sau OL-Al, conform STAS 3734—71 și STAS 3000—80.

11.4.2.2. Izolatoare

Se utilizează izolatoare de două tipuri în general și anume:

— capă + tijă de sticlă sau porțelan;

— tijă din porțelan.

Izolatoarele, lanțurile de izolare trebuie alese în funcție de tensiunea liniei, astfel încît să asigure izolația acesteia. Montarea lanțurilor se efectuează în conformitate cu prevederile din proiecte.

Lanțurile de izolatoare folosite sînt:

— lanțuri de susținere simplă;
— lanțuri de susținere dublă;
— lanțuri de susținere în colț;
— lanțuri de susținere cu contragreutăți;
— lanțuri de întindere simple;
— lanțuri de întindere duble;
— lanțuri de întindere triple;
— lanțuri de întindere quadruple;
— lanțuri de întindere pentru rotiri de faze.

11.4.2.3. Cleme și armături

Clemele și armăturile sînt elemente cu care se execută legături electrice și mecanice între stîlpi și lanțurile de izolatoare, între lanțuri și conductoare precum și la înnădirea conductoarelor.

Clemele folosite sînt: cleme de înnădire, antivibratoare, distanțiere.

Armăturile sînt: ochiuri, nuci, praguri, inele de protecție, piese de distanțare, cîrlige de suspensie, contragreutăți.

11.4.3. Procesul tehnologic

Pentru montarea conductoarelor sînt necesare următoarele operații:

— lucrări pregătitoare;

— asamblarea lanțurilor de izolare la LEA înaltă tensiune (la LEA jt și mt armăturile se montează înainte de ridicarea stîlpilor);

— desfășurarea conductoarelor;

— ridicarea lanțurilor și conductoarelor pe role;

— înnădirea conductoarelor și montarea clemelor de tracțiune;

— tragerea la săgeată și fixarea la stîpii de întindere a conductoarelor;

— montarea clemelor de susținere;

— montarea distanțierelor, antivibratoarelor și executarea legăturilor între panouri;

— montarea contragreutăților și balizelor.

11.4.3.1. Lucrări pregătitoare

Montarea conductoarelor se execută pe baza unei documentații tehnice care trebuie să cuprindă:

— planul de situație al liniei și profilul longitudinal cu indicarea tuturor obstacolelor de pe traseu;

— lista stîlpilor care să indice tipurile de lanțuri care se montează pe fiecare stîlp, distanțele dintre stîlpi și lungimea panourilor, secțiunea conductoarelor;

— planurile de montaj ale tuturor tipurilor de lanțuri;

— tabele de săgeți;

— autorizații și fișe de încrucișări cu *CF*, drumuri naționale, *LEA*, *LTc*, conducte gaze etc.;

— decret și autorizație de scoatere din circuitul agricol și acces în teren;

— avize la documentație.

Traseul liniei cu culoarele de acces tehnologic trebuie marcate și respectate cu strictețe de tot personalul de execuție.

Pregătirea materialelor se va face pentru fiecare panou în parte. Comunicațiile din timpul lucrărilor de montaj pentru panouri lungi se asigură cu stații de radio-emisie-recepție.

Transportul conductoarelor se execută cu cărucioare speciale pentru derulat pe care se montează tamburi cu ajutorul macaralelor sau dispozitivelor hidraulice de ridicat ale cărucioarelor.

Se pregătesc sculele, utilajele și materialele, verificîndu-se starea lor tehnică și calitativă.

Depozitarea materialelor în panou se va executa după o schemă stabilită anticipat funcție de amplasarea utilajelor tehnologice cu scopul evitării manipulărilor multiple și a reducerii timpului de schimbare a tamburilor în timpul desfășurării.

11.4.3.2. **Asamblarea lanțurilor de izolatoare**

Armăturile de suspensie a lanțurilor de susținere și întindere se vor monta pe console înainte de ridicarea stîlpilor.

La liniile de jt și mt. izolatorii de susținere se vor monta de asemeni înainte de ridicarea stîlpilor.

Asamblarea lanțurilor se va executa în conformitate cu planurile lanțurilor și cu prevederile din lista stîlpilor, care indică pentru fiecare stîlp tipul lanțurilor. Se va verifica cu atenție fiecare piesă componentă și izolator. Materialele necorespunzătoare nu se vor monta. În nucile izolatoarelor și în nuci se vor monta siguranțe flexibile folosind un clește special.

La capătul de jos al lanțurilor de susținere se vor monta role de desfășurare a conductorului.

Pentru un conductor pe fază se va monta o rolă simplă. Pentru 2, 3 sau 5 conductoare pe fază se vor monta role speciale de aluminiu.

Înainte de montaj rolele se vor verifica, curăța și gresa. Rolele necorespunzătoare nu se vor monta.

11.4.3.3. **Desfășurarea conductoarelor**

Desfășurarea conductoarelor se face simultan în două panouri adiacente pentru echilibrarea eforturilor în stîlpii de întindere și colț.

În cazul în care nu se pot trage simultan conductoarele în panoul adiacent se va trage conductorul la al 2-lea sau al 3-lea stîlp de susținere la săgeată și se va ancora conductorul cu ajutorul unui cablu de oțel montat pe conductor cu ajutorul unei cleme, tragerea executîndu-se cu un tractor.

Ancorarea se face la un „mort". Săgeata măsurată se admite să fie cu 10% mai mare decît săgeata de montaj. În cazul în care nu se poate monta conductorul în panourile adiacente se va face ancorarea stîlpilor de întindere sau colț. Ancorarea stîlpilor se va face la „morți" realizați fie cu chituci de lemn de esență tare, fie la țăruși „*L*".

Ancora este constituită dintr-un cablu de 01 Ø 6 × 19-120 Z/Z STAS 4353-60 care se leagă de montanții stîlpilor și la morți. Legarea la montanți se face cu ajutorul unor bride de prindere montate la nodul dintre talpa consolei și montant. Pa cablu se montează un întinzător cu care se tensionează ancora. Demontarea ancorei este permisă după montarea conductorului în panoul adiacent. Alegerea metodei de desfășurare a conductoarelor se face funcție de natura terenului. Metoda tamburului mobil este cea mai economică în cazul în care în teren nu sînt obstacole. Metoda tamburului fix permite trecerea mai ușor peste obstacole a conductorului, avînd extremitatea acestuia liberă.

Metoda cu fir pilot este folosită în zonele cu relief variat cu un număr mare de deschideri în panou.

Indiferent de metoda aleasă, desfășurarea conductoarelor începe cu conductoarele de protecție și continuă cu cele active de sus în jos.

La stîlpii tip portal sau Y se desfășoară mai întîi fazele laterale și apoi faza din mijloc (LEA 220, 400, 750 kV.)

11.4.3.3.1. **Metoda tamburului mobil.** Se utilizează la toate tipurile de linii, atît pentru conductoarele active cît și pentru cele de protecție. Metoda realizează productivități mari și nu necesită utilaje speciale. Metoda nu se poate aplica pentru conductoarele care trec prin stîlp (stîlpi portal, Y etc.). Desfășurarea conductoarelor prin această metodă se poate executa desfășurînd fir cu fir conductorul sau mai multe fire simultan. Tamburul de conductor se încarcă pe un cărucior de derulare astfel încît să se asigure o rotire ușoară a acestuia în sensul săgeții indicate pe tambur iar conductorul să se deruleze pe partea de sus a tamburului. Unitățile de construcții LEA sînt dotate cu cărucioare și remorci speciale cu autoîncărcare. Tractarea se poate face atît de autocamioane cît și de tractoare. La desfășurarea fir cu fir se desfac de pe tambur cca 40 m de conductor, se execută montarea clemei de tracțiune, care se fixează la stîlpul de întindere de unde începe tragerea. Conductorul se desfășoară pe pămînt prin deplasarea utilajului de tractat de-a lungul traseului, lăsîndu-se o buclă (de două ori înălțimea stîlpului) în dreptul fiecărui stîlp de susținere. Dacă panoul este mai lung decît conductorul de pe tambur se încarcă un alt tambur, se înnădesc capetele conductoarelor cu ajutorul unor ciorapi dubli sau cu cleme și se continuă desfășurarea pînă la 20 m de stîlpul de întindere de la capătul panoului. Se va urmări pe parcurs ca să nu apară defecțiuni pe conductor. În cazul constatării unor defecțiuni se oprește desfășurarea și se remediază. Pentru cel mult 3 fire rupte din stratul exterior remedierea se execută prin matisare cu sîrmă din același metal. Cînd sînt rupte mai mult de 3 fire se execută înnădirea conductorului. Reparațiile sînt interzise în deschideri cu traversări. Simultan se ridică conductorul pe stîlpii de susținere și se fixează pe role de montaj, care trebuie să aibă o rază de curbură de 22 ori diametrul conductorului aluminiu-oțel și de 3 ori diametrul conductorului oțel-zincat. Trecerea peste vîrful consolelor se face de un muncitor așezat pe consolă, după ce a montat rola sau lanțul de suspensie la punctul de suspensie. La stîlpul de întindere unde se execută tragerea la săgeată se ridică cu role de tragere la săgeată un cablu flexibil de oțel cu care se execută tragerea la săgeată. După terminarea acestor operații se execută o tensionare provizorie a conductorului, care este de circa 1/2 — 3/4 din valoarea tensiunii definitive, astfel încît conductorul să se ridice cel puțin 4—5 m distanță de sol în vederea evitării deteriorării lui.

Desfășurarea simultană a mai multor fire se poate face cu următoarele utilaje:

— tractor pe șenile care să poată tracta 2—3 cărucioare;

— cărucior de derulat cu dispozitiv de derulat simultan 3 conductoare.

Capetele conductoarelor se vor trece prin dispozitivele de ghidaj cu role montate pe partea superioară a cărucioarelor (figurile 11.16 și 11.17).

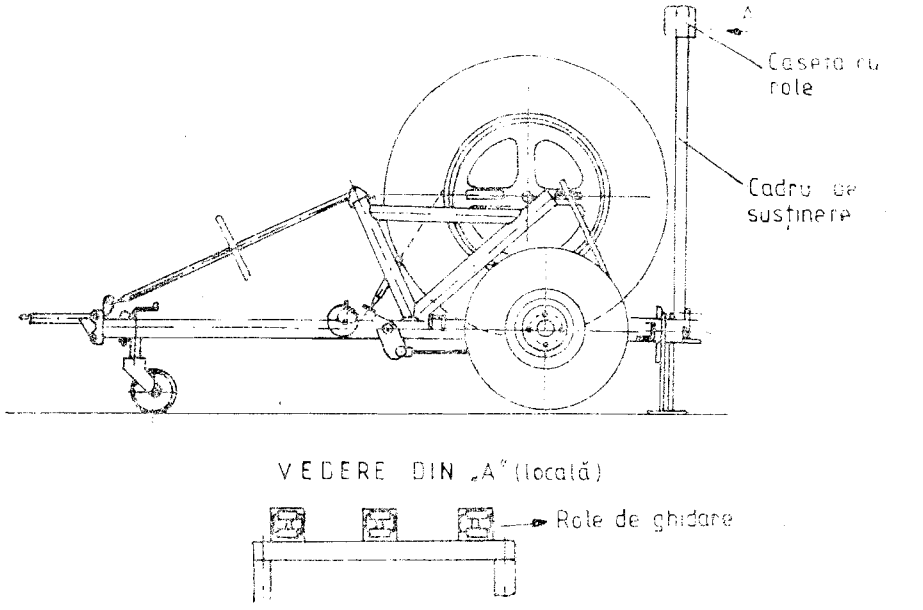


Fig. 11.16. Cărucior pentru derulare simultană a mai multor conductoare.

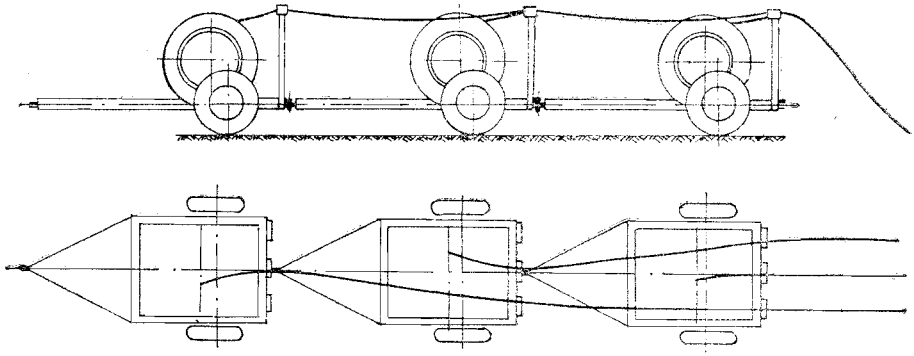


Fig. 11.17. Desfășurarea simultană a trei conductoare utilizînd tren de cărucioare.

Operațiile de desfășurare se execută la fel ca în cazul desfășurării fir cu fir.

Buclele de conductor se vor executa manual, fără a se distruge culturile. O atenție deosebită se va acorda curselor a 2-a și a 3-a ca tractorul să nu calce conductoarele desfășurate anterior.

11.4.3.3.2. **Metoda tamburului fix.** Tamburul cu conductor se montează pe o capră fixă, derularea executîndu-se în două moduri: tragere și purtare manuală; tragere cu tractorul.

Tragerea manuală se folosește în cazul panourilor scurte sau la *LEA* joasă tensiune și medie tensiune, precum și în deschideri din panouri

lungi cu traversări de văi, rîuri late, zonă populată, linii electrice, linii de telecomunicaţi etc.

Desfăşurarea cu tractorul se face cînd traseul este liber şi accesibil.

Capra de derulare se aşează cu axa perpendicular pe aliniament la 15—20 m de stîlpul de întindere şi se fixează, dacă este necesar pentru asigurarea stabilităţii, prin ancorare cu cablu de oţel şi ţăruşi metalici.

Ridicarea tamburului se face cu macaraua, axa caprei fiind montată în prealabil în gaura tamburului. Desfăşurarea prin purtare manuală se face depăşind fiecare stîlp cu 30—40 m, după care conductorul se ridică pe role de montaj şi se continuă desfăşurarea pînă la stîlpul de întindere, care este şi el depăşit cu 30—40 m, apoi se opreşte desfăşurarea. În cazul desfăşurării cu tractorul, pe capătul liber al conductorului se montează o clemă de montaj cu pană sau cu şuruburi, care se leagă fie direct, fie prin intermediul unui cablu de oţel la cîrligul de tracţiune al tractorului. La stîlpul de întindere se montează clema de tracţiune şi se fixează la stîlp. Se trage conductorul la balans şi apoi la săgeată la capătul unde s-a montat capra de derulare.

Dacă lungimea panoului este mai mare decît a tamburului conductorul se ancorează cu clemă de montaj. Se înlocuieşte tamburul gol cu altul plin, după care conductoarele se înnădesc cu ciorapi dubli de tragere şi se continuă desfăşurarea.

Conductoarele de protecţie Ol-Zn se înnădesc prin cleme cu crestături.

Înnădirea definitivă se execută după terminarea desfăşurării.

Desfăşurarea cu tractorul prin metoda cu capră fixă se poate executa şi pentru mai multe conductoare simultan, în acest scop folosindu-se un jug special la care se montează conductoarele; jugul se agaţă la cîrligul tractorului. Prin deplasarea tractorului se face desfăşurarea pînă la primul stîlp de susţinere care se depăşeşte cu 30—40 m, se opreşte tractorul, se desfac conductoarele, care se prind la consolele de susţinere şi pe partea opusă direcţiei de desfăşurare, după care se leagă din nou la jug continuînd desfăşurarea.

Desfăşurarea simultană nu se poate efectua decît în panouri fără obstacole.

11.4.3.3.3. **Metoda firului pilot.** Desfăşurarea conductoarelor prin această metodă cuprinde două faze tehnologice: montarea firului pilot pe role de montaj şi tragerea conductorului cu firul pilot.

În anumite condiţii este necesară şi o fază intermediară, desfăşurarea firului pilot secundar cu ajutorul căruia se desfăşoară firul pilot principal. Sînt necesare o serie de utilaje speciale care asigură desfăşurarea astfel încît conductorul să nu se tîrască pe pămînt.

Aceste instalaţii sînt:

1) *Instalaţia de tras conductor* asigură forţa necesară, care aplicată firului pilot şi prin intermediul acestuia conductorului, asigură desfăşurarea sub tracţiune şi evită contactul cu solul.

2) *Instalaţia de frînare* produce contratensiunea necesară, în conductor pentru a se menţine deasupra solului în timpul desfăşurării. Maşina de tras este un troliu montat pe un tractor cu şenile S 1500. Forţa maximă de tragere este de 5000 daN. Troliul este compus din două tambure corelate cu diametrul de 365 mm avînd 15 canale, din care un tambur este antre-

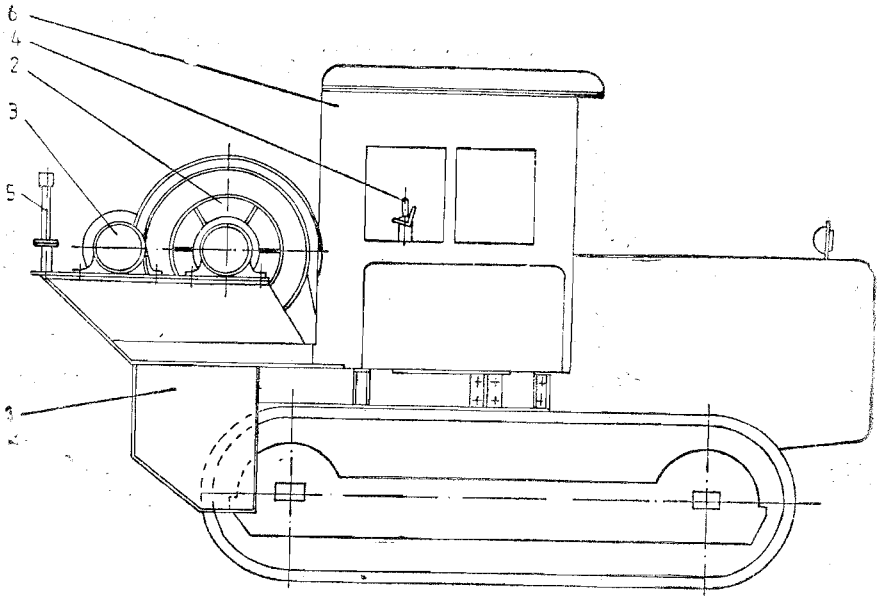


Fig. 11.18. Troliu de tras conductoare aeriene:
1 — cutie de viteze; *2* — tobă acționare; *3* — tobă liberă; *4* — frînă troliu; *5* — sistem de ghidare al firului pilot; *6* — cabină.

nat de sistemul de acțiune al tractorului iar al doilea se mișcă liber sub acțiunea firului pilot. Troliul este prevăzut cu 4 role de ghidaj, două orizontale și două verticale, pe care se mișcă firul pilot. Mașina de tras nu se ancorează, avînd stabilitate datorită greutății proprii mari. Viteza de desfășurare a conductorului este de 2,55 km/h.

Recuperatorul de fir pilot realizează recuperarea acestuia din panoul de lucru pe măsură ce acesta iese din troliu. Antrenarea se face cu un motor hidraulic. Încărcarea rolelor goale se face cu cric hidraulic montat pe recuperator.

Energia necesară de lucru este asigurată de mașina de tras. Recuperatorul are o forță de 150 daN și o viteză de înfășurare de 0,72 m/s (2,55 kM/h). Mașina de frînat tip Energoutilaj dezvoltă o forță de frînare care permite susținerea firului deasupra solului. Este compusă din 4 tambure, cîte două pentru o jumătate de frînă, fiecare avînd sistem de frînare independent. Frînarea se realizează cu 8 saboți fixați rigid pe axul tamburelor.

Se poate realiza frînarea simultană a două conductoare.

Căruciorul de derulat conductor este de tip RTH 4,5 tf și a fost prezentat anterior în fig. 11.16.

Instalația de montaj cu fir pilot este completată cu o serie de anexe. Astfel:

— role de desfășurare, care se aleg funcție de diametrul conductorului;

— piese de legătură fixe, care servesc la înnădirea tronsoanelor de fir pilot;

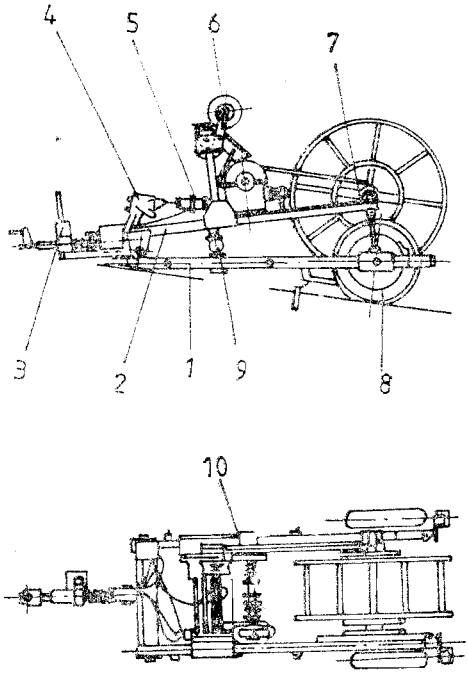


Fig. 11.19. Recuperator fir pilot:
1 — șasiu inferior; *2* — șasiu mobil; *3* — cric; *4* — tablou comandă; *5* — grup acționare; *6* — dispozitiv așezare cablu; *7* — ax fixare tambur; *8* — sistem rulare; *9* — cilindru hidraulic; *10* — limitator de moment.

— piese de legătură rotitoare, care servesc la îmbinarea firului pilot cu conductorul de desfășurat;

— ciorapi de montaj, care se folosesc la îmbinarea tronsoanelor de conductoare (ciorapi dubli) sau la legarea conductoarelor la firul pilot sau la ancoraj (ciorapi simpli);

— firul pilot folosit în R.S.R, este de Ol-Zn din toroane, care supus la tracțiune nu se răsucește și nu formează ochiuri. Se rulează pe canalele tamburelor troliului;

— dispozitivul de legătură cu contragreutăți (omidă) asigură legătura dintre firul pilot și conductoarele fasiculare.

Desfășurarea firului pilot se execută asemănător cu metoda tamburului fix. La capătul panoului desfășurarea se oprește și se ancorează la sol firul pilot. La capătul de panou unde se execută desfășurarea se amplasează cărucioarele cu conductor, la 15 m în fața stîlpului de întindere.

În fața cărucioarelor se va amplasa pe direcția de tragere mașina de frînare. La capătul de panou unde se execută tragerea se amplasează mașina de tras și recuperatorul. Se montează firul pilot la mașina de tras, iar conductorul la mașina de frînat. Se execută îmbinarea conductorului cu firul pilot. După efectuarea acestor operații se poate începe tragerea cu ajutorul troliului mașinii de tras. În panou firul pilot începe să se întindă alunecînd pe role și se ridică de la pămînt. Tragerea conductoarelor trebuie să se facă lin și continuu. Se va urmări în permanență modul de trecere a conductorului peste rolele de montaj și în cazul apariției unei defecțiuni se va opri tragerea și se vor remedia deficiențele. Orice întîrziere în intervenție poate conduce la avarii grave, chiar la căderea stîlpilor.

După desfășurarea conductorului de pe un tambur se oprește tragerea și se înlocuiește tamburul gol. Se înnădesc capetele conductoarelor cu ciorapi dubli, după care se reia tragerea pînă la stîlpul de întindere. La oprirea desfășurării se blochează frîna.

După terminarea desfășurării se slăbește firul pilot, astfel încît să se poată efectua înnădirea definitivă a capetelor de conductor. Apoi se montează clemele de tracțiune la capătul de panou și se montează la stîlpul de întindere. La capătul de panou unde s-a făcut desfășurarea se montează pe stîlpul de întindere rola de tras la săgeată. Se execută tragerea la săgeată, după care se trece la montarea fazei următoare. La traversări LTc se vor monta paravane de protecție de o parte și de alta a liniei de telecomunicație, care trebuie să depășească cu circa 4 m conductorul superior al LTc.

La traversări de LEA se vor introduce în cablu LEA în funcțiune, dacă este posibil; dacă nu se vor monta paravane ca în cazul LTc și traversarea se va executa cu întrerupere de tensiune. Traversările peste șosele și CF normale se vor executa prin montarea de paravane. În cazul căilor ferate electrificate se va întrerupe tensiunea în timpul traversării.

Desfășurarea conductoarelor prin păduri și peste păduri se va executa în conformitate cu prevederile Decretului nr. 237/1978 care stabilește lățimea coridorului defrișat funcție de tensiunea liniei, platformele de montaj, drumurile de acces.

11.4.3.4. Ridicarea lanțurilor pe stîlpi și a conductoarelor pe role

Ridicarca lanțurilor pe stîlpi se execută prin tragere cu tractorul, folosind un scripete de ajutor. Pentru simplificarea operației de montare a lanțurilor la LEA 110—400 kV, în componența lanțurilor s-a introdus o piesă în formă de L și o piesă de distanțare tip furcă.

Un muncitor verifică dacă au fost montate piesele de fixare a lanțului de consolă. Se trece un cablu de oțel prin scripetele de ajutor, după care un capăt se leagă la tractor iar celălalt capăt se prinde prin intermediul unei piese de legătură de piesa L. De lanț se prinde o frînghie de dirijare pentru evitarea apropierii lanțului de stîlp. Cînd lanțul se ridică de la sol 0,5 m se oprește ridicarea, se verifică ansamblul lanțului, se curăță de pămînt izolatoarele și armăturile, după care se continuă tragerea. Muncitorul de pe consolă se asigură cu centura de siguranță și fixează definitiv lanțul.

Pe stîlpii de susținere o dată cu lanțul se ridică și conductorul trecut peste rola de derulare montată la partea inferioară a lanțului de susținere.

11.4.3.5. Înnădirea conductoarelor și montarea clemelor de tracțiune

Înnădirea conductoarelor trebuie să asigure un contact electric sigur, o rezistență mecanică de 95% din rezistența mecanică a conductorului și o distribuție uniformă a tracțiunii în straturile conductoarelor. Într-o deschidere se admite o singură înnădire pe fază cu excepția deschiderilor de traversări unde înnădirea este interzisă. Este interzisă înnădirea la mai puțin de 3 m de clema de susținere sau de tracțiune.

Conductoarele de oţel şi Al-OL cu secţiuni pînă la 120 mm² se înnădesc cu cleme cu crestături. Pentru conductoarele de OL acestea sînt confecţionate din ţeavă de OL. Presarea se execută cu o presă compusă din două braţe, unul fix şi altul mobil. Braţele au un locaş în care se montează locurile de strîngere cu care se execută crestăturile. Capetele conductoarelor se introduc în clemă astfel încît să iasă afară din clemă cu o lungime care este stabilită de norma tehnică funcţie de secţiunea conductorului.

Clema astfel pregătită se introduce în presă între bacuri. Prin intermediul pîrghiei se execută presarea pînă ce braţul mobil atinge şurubul de reazem.

Presarea trebuie menţinută un minut. Ordinea de execuţie a crestăturilor şi distanţa dintre crestături este indicată pentru fiecare tip de conductor în norma tehnică de ramură. Se verifică adîncimea de presare şi aspectul exterior al clemei şi al conductorului.

Pentru conductoare cu secţiuni mari înnădirea se execută cu cleme prin presare. Conductoarele de oţel se înnădesc cu cleme din oţel iar cele de aluminiu-oţel cu cleme care se compun dintr-o mufă de oţel pentru partea de oţel şi una de aluminiu pentru partea de aluminiu.

Înnădirea se execută cu ajutorul unor prese hidraulice sau cu explozie. Presele hidraulice pot avea acţionare manuală sau mecanică (motor termic).

Bacurile folosite pentru presare au secţiune hexagonală, alegerea lor făcîndu-se funcţie de secţiunea conductoarelor. Tăierea capetelor de conductor, a inimii de oţel şi a mantalei de aluminiu se face cu un fierăstrău sau cu dispozitive speciale de tăiat, după ce conductorul a fost matisat cu sîrmă moale. Pentru inima de oţel, după introducerea capetelor în mufă, presarea se începe de la mijlocul mufei spre margini. Presarea următoare se execută astfel încît să se suprapună peste cea anterioară pe o lungime de 5—10 mm. După presare clema trebuie să fie dreaptă, fără crăpături sau bavuri. Clema de aluminiu se aduce peste cea de oţel, plasînd-o simetric peste înnădire. Presarea se începe din locul unde se termină mufa de oţel spre capătul clemei de aluminiu, respectîndu-se suprapunerea presărilor ca şi la mufa de oţel. După presare clema trebuie să fie dreaptă, fără crăpături sau fisuri.

La capătul clemei de aluminiu conductorul se vopseşte cu miniu de plumb sau cu un lac rezistent la acţiunea agenţilor atmosferici.

Montarea clemelor de tracţiune se execută similar cu execuţia înnădirilor.

Pentru liniile de joasă tensiune, medie tensiune cu conductoare de aluminiu şi aluminiu-oţel se folosesc acelaşi cleme ca şi pentru înnădire şi anume cleme cu crestături. Pentru liniile de înaltă tensiune cu conductoare de aluminiu-oţel cu secţiuni peste 185 mm se folosesc cleme de tracţiune prin presare formate din două bucăţi, denumite TPDF. În cazul clemelor de tracţiune cu crestături lungimea conductorului care iese din clemă trebuie să fie calculată astfel încît să permiă executarea cordonului de legătură cu panoul adiacent, fără tăierea suplimentară a conductorului. Presările clemelor terminale se execută cu aceleiaşi dispozitive ca şi cele ale clemelor de înnădire.

11.4.3.6. **Tragerea la săgeată și fixarea la stîlpii de întindere a conductoarelor**

Operația de întindere la săgeată cuprinde două etape:
— tragerea la săgeată și măsurarea săgeții;
— montarea conductoarelor la stîlpul de întindere.

Tragerea la săgeată se execută cu tractoare sau cu trolii mecanice. Săgeata de montaj se determină din tabelele de săgeți ale proiectului de execuție funcție de lungimea deschiderii alese pentru măsurarea săgeții și de temperatura ambiantă. Deschiderea de măsurare a săgeții se recomandă să fie în mijlocul panoului, să aibă o lungime aproximativ egală cu deschiderea medie a panoului, iar stîlpii să fie la același nivel sau cu denivelare mică (sub 30°). În panourile cu lungimi peste 2 km, măsurarea săgeții se va face în două deschideri, una în prima treime, iar a doua în ultima treime.

Temperatura de montaj este temperatura reală a conductorului și depinde de temperatura ambiantă, radiația termică solară directă și de radiația termică terestră. Măsurarea temperaturii se execută cu termometre cu mercur în tub de aluminiu. Se vor utiliza minim două termometre, efectuîndu-se media citirilor. Dacă în tabele nu se găsesc calculate săgețile pentru deschiderile reale sau temperaturile măsurate, săgeata se va calcula prin interpolare.

În cazul în care deschiderea de măsurare a săgeții are o denivelare mai mare de 30° *calcularea săgeții* se va efectua prin corectare cu un *factor de corecție K*. Astfel:

$$f_d = fK;$$

f_d — săgeată în deschidere denivelată;
$K = 1/\cos\psi$;
ψ — unghiul făcut de dreapta ce unește punctele de suspensie ale conductorului în deschiderea denivelată și orizontală (v. figurile 3.1 și 3.2).

Tragerea la săgeată se execută separat pentru fiecare conductor prin deplasarea tractorului în lungul fazei, încet și fără smucituri. Măsurarea săgeții se face prin vizare directă prin montarea de repere pe stîlpii din deschiderea aleasă sau cu teodolitul.

Rigla de vizare va fi din lemn sau din aliaj de aluminiu cu o lungime de 3—4 m.

Cînd conductorul ajunge la săgeata de montaj se oprește tragerea și la stîlpul de întindere se înseamnă cu creion chimic și apoi cu bandă izolantă pe cablul de tragere punctul corespunzător verticalei care trece prin axul bulonului de armătură sau al clemei de articulație care prinde lanțul de întindere. Apoi se destinde conductorul și se coboară la sol, se înseamnă pe conductor cu bandă punctul corespunzător semnului făcut pe cablul de tragere. De la acest punct se măsoară pe conductor în direcția stîlpului de susținere o lungime egală cu lungimea lanțului de izolatoare inclusiv a clemei de tracțiune. Se lasă o lungime egală cu a cordonului, dacă este cazul sau în cazul clemelor TPDF se taie de la primul semn. Se introduce pe conductor clema de tracțiune și se execută presările. Apoi se asamblează clema de tracțiune la lanțul de întindere, care se ridică pe stîlp cu ajutorul

unui cablu de oțel cu care s-a efectuat tragerea la săgeată. Operația de ridicare se va face cu multă grije, conductorul fiind sub tracțiune. Pentru prinderea lanțului pe stîlp trebuie învinse aceste forțe.

11.4.3.7. Montarea clemelor de susținere

După tragerea la săgeată conductorul rămîne la stîlpii de susținere montat pe role. Datorită denivelării este posibil ca lanțurile să fie oblice în loc de a fi verticale. Înainte de montarea clemelor de susținere aceste lanțuri trebuiesc aduse la verticală. Verticalizarea se va face din stîlp în stîlp. Se reglează săgeata în prima deschidere și apoi se trece la clemuire. Clema de susținere se montează în punctul în care lanțul este vertical pe rola de montaj. Pentru clemuire se vor folosi scule și dispozitive corespunzătoare, frînghii de ajutor, scări de montaj, scripeți de ajutor etc. Cu ajutorul unei macarale Rach se ridică conductorul de pe rolă, se demontează rola și se coboară pe teren cu ajutorul frînghiei de ajutor. Se montează clema de susținere în punctul marcat, se leagă apoi clema de lanțul de suspensie, după care se slăbește lin macaraua pînă ce clema rămîne suspendată de lanț.

Strîngerea șurubului de reglaj al clemei de susținere trebuie să se facă astfel, încît cînd tracțiunea în conductor într-o deschidere este mai mare decît în deschiderea adiacentă, conductorul să alunece în clemă pînă la restabilirea diferenței de tracțiune.

11.4.3.8. Montarea distanțierelor, antivibratoarelor și executarea cordoanelor

Pentru LEA cu mai multe conductoare pe fază este necesar a se păstra o distanță constantă între conductoarele fazei. Acest lucru se realizează prin montarea distanțierelor. Tipul și numărul de distanțiere care se montează într-o deschidere vor fi indicate în proiect.

Antivibratoarele se montează pentru protecția conductoarelor contra vibrațiilor, în fiecare deschidere, conform indicațiilor din proiect, la o distanță de asemeni indicată în proiect, față de axul clemei de susținere sau capătul clemei de tracțiune. Pentru montarea distanțierelor și antivibratoarelor se utilizează scări de montaj și cărucioare de montaj. Montarea și demontarea căruciorului de montaj se poate face numai la stîlpul de susținere. Montarea distanțierelor se va realiza astfel încît acestea să fie perfect perpendiculare pe conductoare. Legătura electrică între panouri se execută la stîlpii de întindere prin intermediul cordoanelor. Lungimea cordonului este dată prin proiect, astfel încît distanța pe verticală dintre cordon și consolă să fie conformă prevederilor din normative.

În cazul clemelor terminale cu crestături capetele de conductor se leagă prin intermediul clemelor de legătură electrică. Pentru clemele TPDF, cordonul măsurat se montează la clemele de întindere prin intermediul papucilor presați.

11.4.3.9. **Montarea contragreutăților și balizelor**

Contragreutățile se montează la stîlpii de susținere menționați în proiect prin intermediul unei piese de suspensie montată de clema de susținere. Contragreutatea se montează la sol, se ridică cu ajutorul unui scripete de ajutor și a unui cablu tras de un tractor. Montorul aflat în scăunelul de montaj face legătura între piesa de suspensie și ochiul prevăzut în capătul contragreutății.

Balizele se montează în conformitate cu prevederile Decretului Consiliului de Stat nr. 95/1979, care prevede că, LEA cu înălțimi de peste 25 m care traversează cursuri principale de apă mai lungi de 100 km, autostrăzi, drumuri naționale se vor baliza:

— conductoarele în deschiderea de traversare cu balizaj de zi;

— stîlpii de traversare cu balizaj de zi, iar la indicația M.A.N. și cu balizaj de noapte, cînd stîlpii depășesc 45 m.

Instrucțiunile Comandamentului Aviației Civile — TAROM recomandă folosirea următoarelor tipuri de balize:

— sfere cu diametrul de 0,6 m;

— discuri ortogonale cu diametrul de 0,6 m;

— cilindri cu înălțimea de 1,5 m și cu diametrul de 0,6 m.

Balizele se vor vopsi în două culori: alb și roșu sau galben și negru în formă de tablă de șah cu dimensiunea 0,5 × 0,5 m. Balizele se montează pe conductoarele fire de gardă astfel încît să fie vizibile din toate direcțiile pe timp senin de la o distanță de cel puțin 300 m. Distanța maximă dintre două balize va fi de 40 m.

Operația de montare a balizelor se execută de obicei la sol datorită preciziei necesare unei execuții corecte. În cazuri deosebite se poate realiza folosind telescopul TV—26, cînd înălțimea firului de gardă permite aceasta.

În cazul traversărilor mari de rîuri navigabile, montarea balizelor se va executa simultan cu desfășurarea firului de gardă.

PARTEA II-a

LINII ELECTRICE SUBTERANE

12. PROBLEME CU CARACTER GENERAL

Liniile electrice subterane *(LES)* sînt folosite pentru transportul şi distribuţia energiei electrice în oraşe, pe platforme industriale, în incintele întreprinderilor, în centrale şi staţii electrice, în complexe agricole şi zootehnice, în apropierea aeroporturilor, la unele traversări de fluvii etc.

Faţă de liniile aeriene ele prezintă o serie de avantaje: siguranţă mărită în funcţionare, spaţiu redus ocupat, evitarea pericolului de atingere directă a părţilor sub tensiune, lipsa influenţei factorilor poluanţi şi a celor atmosferici, neafectarea din punct de vedere estetic a zonelor parcurse. Au în schimb unele dezavantaje: cost mai ridicat, depistarea şi repararea mai dificilă a defecţiunilor, necesitatea utilizării unui personal cu calificare superioară la o.parte din lucrările de montaj.

Se caută ca principalul dezavantaj, care este costul ridicat, să fie diminuat prin dezvoltarea tehnicii de construcţie a cablurilor şi creşterea capacităţii de transport.

Totuşi, datorită costului mai ridicat, „Normativul pentru proiectarea şi execuţia reţelelor de cabluri electrice" PE 107/1981 aprobat de Ministerul Energiei Electrice restrînge utilizarea liniilor electrice subterane la situaţiile strict necesare.

Pentru reţelele de distribuţie publică în localităţi soluţiile (aerian sau subteran) se stabilesc în funcţie de modul de sistematizare a localităţii, densitatea de consum, soluţiile adoptate pentru celelate utilităţi etc.

Reţelele de alimentare a consumatorilor industriali şi reţelele de distribuţie din incinte industriale se realizează de regulă cu linii electrice aeriene. Se admite realizarea acestor reţele cu linii electrice în cablu, cu justificarea tehnico-economică, în următoarele cazuri:

— reţele care transportă puteri ce depăşesc capacitatea de transport a unei linii aeriene sau a căror realizare conduce la creşterea suprafeţelor de teren necesare obiectivului proiectat;

— reţele amplasate în zone aglomerate, în care traseul aerian ar împiedica circulaţia, desfăşurarea normală a activităţilor sau ar prezenta pericol pentru persoane;

— rețele amplasate în zonele de influență ale unor instalații de transport (căi ferate electrificate, aeroporturi) sau de telecomunicații (antenele stațiilor de radio — TV);

— rețele amplasate în zone cu pericol de explozii;

— rețele amplasate în zone cu atmosferă corosivă sau cu depuneri conductoare periculoase pentru materialele folosite la liniile electrice aeriene;

— rețele electrice cu lungimea traseului mai mică de 50 m;

— rețele pentru alimentarea unor receptori ai instalațiilor de stingere a incendiilor, în cazurile prevăzute în normativele PSI în vigoare.

În cazurile de mai sus rețeaua de cabluri se realizează, de regulă, prin pozarea cablurilor direct în pămînt.

În funcție de tensiunea la care funcționează liniile electrice subterane se împart în:

— linii electrice subterane de joasă tensiune, cu tensiunea de funcționare pînă la 1 kV;

— linii electrice subterane de medie tensiune, cu tensiunea de funcționare mai mare de 1 kV și sub 110 kV;

— linii electrice subterane de înaltă tensiune, de la 110 kV în sus.

Principalele elemente componente ale unei linii electrice subterane sînt cablurile electrice, manșoanele de legătură și de derivație și cutiile terminale.

12.1. Clasificarea cablurilor

Prin STAS 9436/1—73 cablurile și conductele electrice se clasifică și se simbolizează astfel:

— cabluri de energie	C
— conducte pentru instalații electrice fixe	F
— cabluri și conducte pentru instalații electrice mobile	M
— cabluri de semnalizare	CS
— cabluri de comandă și control	CC
— cabluri și conducte de telecomunicații	T
— cabluri pentru instalații electrice pe vehicule	V
— cabluri navale	CN
— cabluri și conducte pentru exploatări miniere	CM

În continuare ne vom ocupa numai de cablurile de energie, care se clasifică după diferite criterii.

După felul izolației de bază cablurile de energie se împart în următoarele grupe mari:

— cabluri cu izolație de hîrtie impregnată, în manta de plumb;

— cabluri cu izolație de *PVC*, în manta de plumb;

— cabluri cu izolație și manta de *PVC*;

— cabluri cu izolație de polietilenă *(PE)* termoplastică și manta de *PVC*;

— cabluri cu răcire artificială cu circulație de ulei sau apă;

— cabluri cu presiune interioară sau exterioară de gaz.

Primele tipuri de cabluri se utilizează pentru joasă și medie tensiune iar ultimele două tipuri pentru tensiuni înalte sau foarte înalte.

După numărul de conductoare cablurile se clasifică în :

— *cabluri monopolare,* formate dintr-un singur conductor izolat și învelișul de protecție exterior ;

— *cabluri multipolare,* formate din mai multe conductoare (2, 3 sau 4 în cazul cablurilor de energie), izolate distinct electric și solidare mecanic și având un înveliș de protecție exterior.

Din punct de vedere al materialului conductoarelor cablurile se împart în:

— cabluri cu conductoare de cupru ;

— cabluri cu conductoare de aluminiu

Conform prescripțiilor M.E.E. cablurile de energie se vor prevedea cu conductoare de aluminiu, cu următoarele excepții, cînd se admit cabluri cu conductoare din cupru :

— la circuitele care alimentează receptoare de importanță deosebită (de exemplu : pompe de incendiu etc.), atunci cînd secțiunea conductoarelor de aluminiu ar rezulta mai mică de 10 mm^2 ;

— la circuitele care alimentează receptoare în medii cu pericol de explozie ;

— în încăperi sau spații cu mediu corosiv pentru aluminiu și numai dacă instalațiile nu pot fi realizate în execuție etanșă la agenții corosivi respectivi ;

— la instalațiile de pe utilaje mobile (macarale, poduri rulante, vibratoare etc.) și la cele de pe utilaje sau construcții supuse șocurilor sau vibrațiilor permanente (laminoare, poduri etc.), care se pot transmite cablurilor ;

— în instalațiile de protecție prin legare la pămînt sau la nul, în cazurile menționate în standardele în vigoare specifice acestor instalații.

După comportarea la flacără și foc cablurile se clasifică în :

— cabluri fără întîrziere la propagarea flăcării ;

— cabluri cu întîrziere la propagarea flăcării, care prezintă proprietatea că încercate individual la acțiunea flăcării, aceasta se stinge singură după un timp determinat și la o lungime determinată de locul aplicării flăcării ;

— cabluri cu întîrziere mărită la propagarea flăcării, care prezintă proprietatea că încercate în grup, pe trasee verticale sau orizontale, la acțiunea flăcării, aceasta se stinge singură după un timp determinat și la o lungime determinată de locul aplicării flăcării ;

— cabluri rezistente la foc, care continuă să funcționeze normal în timpul și după un foc prelungit, intensitatea focului fiind suficientă pentru a distruge materialul organic al cablului în zona în care se aplică flacăra.

12.2. Simbolizarea

Simbolurile cablurilor trebuie să cuprindă cel puțin următoarele :

— litera sau grupa de litere, conform clasificării generale a cablurilor și conductelor (în cazul cablurilor de energie litera C) ;

— simbolurile învelişurilor care intră în construcţia cablului, pornind de la conductor spre exterior.

Simbolurile pot cuprinde şi alte litere referitoare la domeniile de utilizare ale cablului (se pun la începutul simbolului), precum şi la caracteristici speciale ale unor învelişuri (la sfîrşitul simbolului).

Conform STAS 9436/2—80 semnificaţia literelor care intră în simbolizarea cablurilor de energie este următoarea:

C	cablu de energie;
A	conductor de aluminiu (se pune la începutul simbolului);
OA	conductor de nul din oţel-aluminiu şi conductor de fază din aluminiu (se pune la începutul simbolului);
Y	izolaţie, manta sau înveliş exterior de *PVC* (amestec pe bază de policlorură de vinil plastifiată sau copolimeri pe bază de policlorură de vinil plastifiată);
2Y	izolaţie, manta sau înveliş exterior din *PE* (polietilenă termoplastică);
H	izolaţie din hîrtie impregnată (cînd este aşezat imediat după litera C din simbol);
C	conductor concentric de nul (a doua literă C din cuprinsul simbolului);
CO	conductor concentric de nul aplicat ondulat;
HS	strat semiconductor şi ecran metalic comun, peste conductoarele izolate înfăşurate;
SE	la cabluri cu mai multe conductoare, strat semiconductor peste fiecare conductor şi peste izolaţia fiecărui conductor şi ecran metalic peste fiecare conductor;
P	manta de plumb;
Ab	armătură din bandă de oţel;
Abz	armătură din bandă de oţel zincată;
Al	armătură din sîrmă lată de oţel;
Alz	armătură din sîrmă lată de oţel zincată;
Arz	armătură din sîrmă rotundă de oţel zincată;
I	înveliş exterior de protecţie din material fibros impregnat;
F	cabluri cu întîrziere mărită la propagarea flăcării (la sfîrşitul simbolului, despărţit prin linioară).

Clasificarea şi simbolizarea dată de STAS nu este limitativă.

Exemple de notare:

ACHPI	cablu cu conductoare de aluminiu, cu izolaţie de hîrtie impregnată, în manta de plumb, cu înveliş exterior de protecţie;
CYPY	cablu cu conductoare de cupru, cu izolaţie de *PVC*, în manta de plumb, cu înveliş exterior de *PVC*;
CYAlzY	cablu cu conductoare de cupru, cu izolaţie de *PVC*, cu armătură din sîrmă lată de oţel zincată şi manta de *PVC*;
CYY-F	cablu cu conductoare de cupru, cu izolaţie de *PVC*, cu întîrziere mărită la propagarea flăcării;
AC2YSEY	cablu cu conductoare de aluminiu, cu izolaţie de *PE* termoplastică, strat semiconductor peste fiecare conductor şi peste izolaţia fiecărui conductor, ecran metalic peste fiecare conductor în parte şi manta de *PVC*.

12.3. Elementele componente ale cablurilor

12.3.1. Conductoarele

Conductoarele cablurilor, din cupru sau din aluminiu, pot fi formate din unul (conductoare unifilare) sau mai multe fire (conductoare multifilare).

Tabelul 12.1

Construcţia conductoarelor pentru cablurile de energie conform STAS 1724-80 (cupru) şi STAS 8235-80 (aluminiu)

Secţiunea nominală a conductorului[1] [mm²]	Conductoare de cupru				Conductoare de aluminiu			
	Numărul minim de fire		Rezistenţa electrică maximă la +20°C [Ω/km]		Numărul minim de fire		Rezistenţa electrică maximă la +20°C [Ω/km]	
	Conductoare rotunde	Conductoare sector	Cabluri cu un conductor	Cabluri cu mai multe conductoare	Conductoare rotunde	Conductoare sector	Cabluri cu un conductor	Cabluri cu mai multe conductoare
1,5	1	—	11,9	12,1	—	—	—	—
2,5	1	—	7,14	7,28	—	—	—	—
4	1	—	4,47	4,56	1	—	7,39	7,54
6	1	—	2,97	3,03	1	—	4,91	5,01
10	1	—	1,77	1,81	1	—	2,94	3,00
16	1	1	1,13	1,14	1	—	1,85	1,91
25	7[2]	6	0,712	0,727	7[2]	—	1,18	1,20
35	7	6	0,514	0,524	7[2]	—	0,851	0,868
50	19	6	0,379	0,387	19	6[2]	0,628	0,641
70	19	15	0,262	0,268	19	15[2]	0,435	0,443
95	19	15	0,189	0,193	19	15[2]	0,313	0,320
120*	37	15	0,150	0,153	37	15[2]	0,248	0,253
150*	37	15	0,122	0,124	37	15[2]	0,202	0,206
185*	37	30	0,0972	0,0991	37	30[2]	0,161	0,164
240	61	30	0,0740	0,0754	61	30	0,122	0,125
300	61	30	0,0590	0,0610	61	30	0,0976	0,100
400	61	53	0,0461	0,0470	61	53	0,0763	0,0778

[1] Secţiunea nominală la conductoarele rotunde sau secţiunea transversală echivalentă la conductoarele sector.
[2] Se admit şi conductoare unifilare; peste 95 mm² numai cu acordul beneficiarului.

* Se vor utiliza numai cabluri cu conductoare de aluminiu cu secţiunile notate cu asterisc.

Formele cele mai obișnuite ale conductoarelor sînt: rotundă și sector. Conductoarele de cupru se realizează și au caracteristicile conform STAS 1724—80 iar cele de aluminu conform STAS 8235—80.

Secțiunile nominale ale conductoarelor, numărul de fire și rezistența electrică maximă admisă la temperatura de +20 °C sînt date în tabelul 12.1.

12.3.2. **Izolația**

Izolația conductoarelor este compusă dintr-unul sau mai multe straturi de material izolant cu care sînt învelite conductoarele și constituie elementul cel mai important de care depinde fiabilitatea cablurilor.

Materialele obișnuite de izolație sînt:

— hîrtia electroizolantă STAS 5649-69, impregnată cu o masă de impregnare care poate fi migratoare sau nemigratoare;
— policlorură de vinil *(PVC)*;
— polietilenă *(PE)*;
— polietilenă reticulară *(PER)*;
— cauciucul;
— uleiul;
— gazele izolante.

Alegerea tipului de izolație depinde de o serie întreagă de factori: tensiunea de serviciu, performanțele dielectrice ale cablului, regimul termic, comportarea la foc și flacără, fiabilitatea, traseul liniei subterane, tehnologia de montaj, costul investiției.

Cu totul informativ, notăm din punct de vedere al tensiunii de serviciu:

— izolația din *PVC* pentru cabluri cu tensiunea de 1 ... 10 kV;
— izolația din polietilenă pentru cabluri cu tensiunea pînă la 110 kV și chiar mai mare;
— izolația din cauciuc 1 ... 6 kV;
— izolația din hîrtie impregnată cu răcire naturală pentru cabluri 1 ... 20 kV și cu răcire forțată (ulei, gaze) și la tensiuni mai înalte.

Alegerea tipului de izolație pentru cabluri cu tensiuni peste 110 kV, ca și în cazuri speciale (solicitări mecanice, denivelări mari, pericol de incendiu etc.), trebuie să facă obiectul unei analize speciale.

12.3.3. **Ecranul**

Ecranul este învelișul din hîrtie metalizată sau din bandă metalică aplicat peste un conductor izolat sau peste un ansamblu de conductoare izolate, care *la cablurile de energie are scopul:*

— creării unei suprafețe echipotențiale în jurul izolației și dirijării în acest fel a cîmpului electric;

— reducerii efectelor inductoare ale cîmpurilor electrostatice externe și interne;

— asigurării unei căi de trecere a curenților capacitivi sau a curenților de defect la scurtcircuite homopolare;

— asigurării unei oarecare protecții persoanelor și materialelor în cazul perforării cablurilor prin corpuri conductoare exterioare.

După modul de dispunere a ecranelor și repartizării cîmpului electric în regim trifazat, cablurile pot fi cu cîmp radial (ecran peste fiecare conductor izolat) sau cu cîmp neradial (ecran peste ansamblul izolației conductoarelor).

12.3.4. Învelișul cablului

Învelișul are rolul de a realiza o formă determinată a cablului (de obicei cilindrică) și de a asigura protecția contra degradărilor exterioare.

Se compune din:

— materialul de umplutură;

— mantaua de etanșare, care asigură protecția izolației împotriva umidității sau agenților corozivi; se realizează din plumb, aluminiu, sau materiale sintetice;

— armătura, care este constituită din benzi metalice, sîrmă înfășurată sau împletitură de sîrmă și are rolul de a asigura o protecție mecanică suplimentară;

— mantaua exterioară, din iută impregnată sau materiale sintetice asigură protecția chimică și mecanică a cablului.

12.4. Caracteristicile electrice ale cablurilor

12.4.1. Rezistența electrică

Rezistența la temperatura de 20 °C este dată în tabelul 12.1.

Pentru alte valori de temperaturi mai ridicate, *rezistența* se calculează cu formula:

$$R_\theta = R_{20}\,[1 + \alpha\,(\theta - 20)]\,; \qquad (12.4-1)$$

R_θ este rezistența electrică la temperatura θ; R_{20} — rezistența electrică la 20 °C, indicată în tabelul 12.1; α — coeficientul de temperatură al rezistenței electrice la 20 °C:

— pentru cupru: $\alpha = 0{,}00393\ \text{grad}^{-1}$;

— pentru aluminiu: $\alpha = 0{,}00403\ \text{grad}^{-1}$.

12.4.2. Inductanța și reactanța

Valorile acestor caracteristici depind de dimensiunile și tipul cablului : monofazat sau trifazat.

Pentru un cablu cu o dispoziție simetrică a conductoarelor active, sau pentru un sistem de trei cabluri monofazate, amplasate în vîrfurile unui triunghi echilateral, *inductanța aparentă* L *pe fază* este dată de relația :

$$L = \left(4{,}6 \log \frac{2a_m}{d} + 0{,}5\right) \times 10^{-4} \ [\mathrm{H/km}] ; \qquad (12.4-2)$$

a_m este distanța medie geometrică dintre conductoare ; d — diametrul conductoarelor.

Reactanța pe fază X_L este dată de relația :

$$X_L = \omega L \quad [\Omega/\mathrm{km}] ;$$

$\omega = 2\pi f = 314$ în cazul frecvenței $f = 50$ Hz.

În practică valorile reactanțelor se indică de fabricile constructoare și au valori cuprinse între 0,08 și 0,12 Ω/km pentru cabluri trifazate de 6—35 kV.

Pentru calcule aproximative, valoarea inductanței aparente L [mH/km] se poate evalua în funcție de raportul a_m/d cu ajutorul graficului din fig. 12.1.

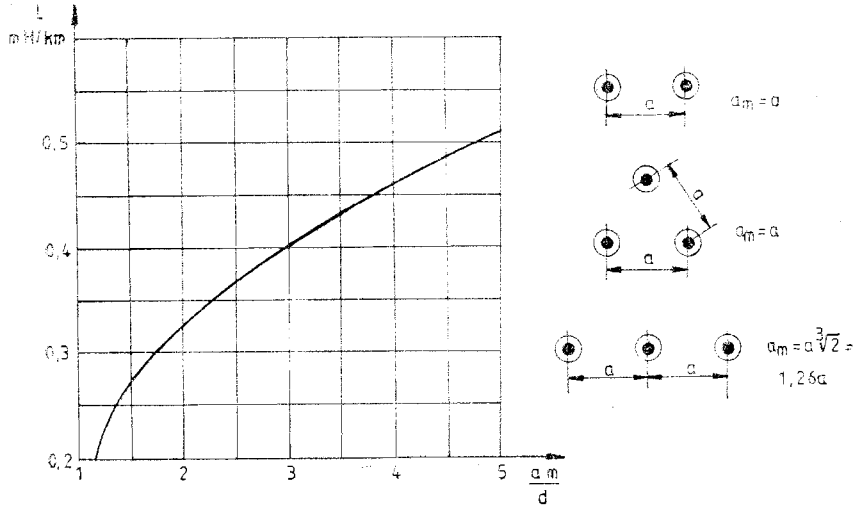


Fig. 12.1. Valoarea inductanței aparente în funcție de raportul a_m/d.

12.4.3. Capacitatea de serviciu

Mărimea acesteia depinde de dimensiunile cablului, de tensiunea nominală a lui, precum și de felul ecranării.

Valorile capacității de serviciu sînt date de fabricile constructoare și pentru cabluri trifazate cu tensiunea de 6—35 kV sînt de cca. 0,3 μF/km.

12.4.4. Conductanța laterală

Conductanța laterală la cablurile de energie este legată de pierderile de putere cauzate de fenomenele de ionizare, care se produc în dielectricul lor. Aceste pierderi sînt caracterizate prin tangenta unghiului de pierderi (tg δ), exprimată prin raportul dintre componenta activă și cea reactivă a curentului total de pierderi laterale. Pentru cabluri de înaltă tensiune aceasta are valori cuprinse între 2×10^{-3} și 8×10^{-3}.

Pierderile datorită conductanței sînt neglijabile la cablurile de joasă și medie tensiune și trebuie luate în considerare la cablurile de tensiuni de la 110 kV în sus.

12.4.5. Tensiunea nominală

Tensiunea nominală a unui cablu se alege în funcție de tensiunea nominală și de tensiunea cea mai ridicată a rețelei în care funcționează cablul respectiv.

Tensiunea nominală a rețelei U_n (definită prin STAS 930-75) este tensiunea prin care rețeaua este denumită și la care se face referire pentru anumite caracteristici de funcționare ale rețelei. La rețelele construite pentru o tensiune nominală U_{n1} și care funcționează la o tensiune nominală U_{n2}, diferită de U_{n1}, prin tensiunea nominală a rețelei se înțelege tensiunea U_{n2} la care funcționează rețeaua.

Tensiunea de serviciu a rețelei (U_s) este tensiunea între două faze ale unei rețele electrice într-un anumit punct și la un moment dat.

Tensiunea cea mai ridicată a rețelei (U_{Mr}) este valoarea cea mai mare a tensiunii de serviciu admisibilă în condiții normale de exploatare (nu ține seama de regimurile tranzitorii).

Tensiunea maximă pentru echipament (U_{Me}) este valoarea cea mai mare a tensiunii pentru care este proiectat echipamentul ce urmează a fi racordat la rețea în ceea ce privește izolația, precum și alte caracteristici. Tensiunea cea mai ridicată a rețelei nu trebuie să depășească tensiunea maximă pentru care este construit echipamentul. Pentru o anumită tensiune nominală a rețelei, cablul respectiv trebuie să fie construit pentru o tensiune nominală la nivelul tensiunii maxime pentru echipament, astfel încît să poată rezista la tensiunea maximă de serviciu a rețelei.

Tensiunile nominale ale cablurilor în funcție de tensiunile rețelei sînt date în tabelul 12.2, în care prin tensiunea U_0 se înțelege tensiunea

nominală (valoarea efectivă), la frecvența industrială, între un conductor și învelișul metalic al cablului sau pământ, iar U este tensiunea nominală (valoarea efectivă), la frecvența industrială, între conductoarele cablului.

Tabelul 12.2

Tensiunile nominale ale cablurilor în funcție de tensiunea rețelei

Tensiunea rețelei (între faze)		Tensiunea nominală a cablului U_0/U [kV]
Nominală [kV]	Cea mai ridicată [kV]	
⩽1	⩽1,2	⩽0,6/1
6	7,2	3,6/6
10	12	5,8/10
(15)	(17,5)	(8,7/15)
20	24	11,6/20
(30)	(36)	(17,3/30)
110	123	64/110
220	245	127/220

12.4.6. Rigiditatea dielectrică

Rigiditatea dielectrică a cablurilor caracterizează nivelul de izolație la supratensiuni și are valorile indicate în standardele și în normele interne de produs în funcție de tensiunea cea mai ridicată a rețelei (v. cap. Încercarea cablurilor).

12.4.7. Căderea de tensiune în cabluri

Verificarea secțiunii conductoarelor cablurilor la căderea de tensiune se face ținînd seama de intensitatea curentului care parcurge cablul și caracteristicile electrice ale cablului.

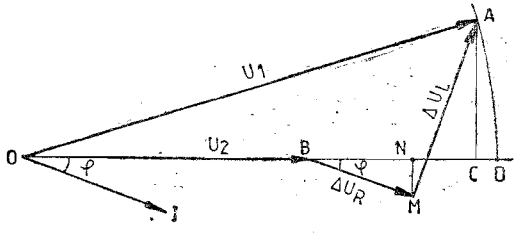


Fig. 12.2. Diagrama tensiunilor.

În fig. 12.2 s-au notat:

U_1 — tensiunea la plecare; U_2 — tensiunea la consumator; I — intensitatea curentului în cablu; ΔU_R — căderea de tensiune rezistivă; ΔU_L — căderea de tensiune inductivă; $\cos\varphi$ — factorul de putere al receptorului.

Căderea de tensiune în cablu este diferența dintre U_1 și U_2, respectiv segmentul BD. Pentru simplificare, făcînd o mică aproximație, se consideră

căderea de tensiune corespunzătoare segmentului BC, respectiv proiecția pe direcția tensiunii U_2 a celor două căderi de tensiune:

$$\Delta U = \Delta U_R \cos \varphi + \Delta U_L \sin \varphi. \qquad (12.4-3)$$

În funcție de tipul rețelei considerate se pot folosi formulele:

1) *În curent continuu:*

$$\Delta U = 2lRI.$$

2) *În curent alternativ monofazat:*

$$\Delta U = 2lI\,(R \cos \varphi + L\omega \sin \varphi).$$

3) *În curent alternativ trifazat:*

$$\Delta U = \sqrt{3}lI\,(R \cos \varphi + L\omega \sin \varphi);$$

ΔU este căderea de tensiune [V]; în curent alternativ trifazat se consideră între faze; l — lungimea liniei [km]; R — rezistența aferentă a unui conductor [ohm/km], la temperatura de funcționare (v. tabelul 12.1 și formula 12.4—1); L — inductanța aparentă a unui conductor [henry/km], (v. formula 12.4—2 și fig. 12.1); $\omega = 2\pi f$; f = frecvența.

În fig. 12.3 și 12.4 se dau grafice permițînd calculul rapid aproximativ al căderilor de tensiune pentru cabluri de joasă tensiune trifazate și monofazate cu conductoare din aluminiu avînd secțiuni cuprinse între 16 și 300 mm².

Căderea de tensiune efectivă nu trebuie să depășească valorile maxime admise de receptoare și anume, *în cazul alimentării directe din rețeaua de joasă tensiune a furnizorului:*

3% pentru instalațiile de iluminat;
5% pentru instalațiile altor receptoare.

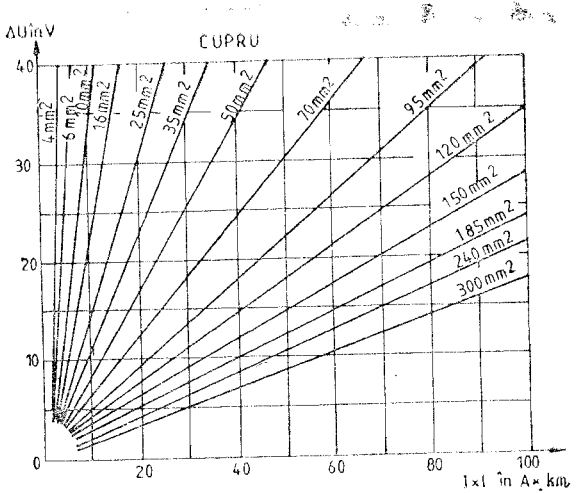
În cazul alimentării de la posturi de transformare de abonat sau din centrale proprii se admit următoarele valori:

8% pentru instalațiile de iluminat;
10% pentru instalațiile altor receptoare.

12.5. Condiții de rezistență mecanică a cablurilor

12.5.1. Secțiuni minime ale conductoarelor

La cablurile de energie normativele Ministerului Energiei Electrice impun ca secțiuni minime 1,5 mm² în cazul conductoarelor din cupru și 4 mm² în cazul conductoarelor din aluminiu.



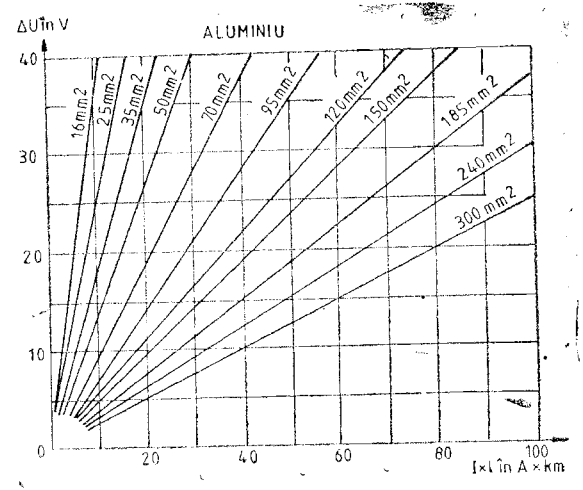
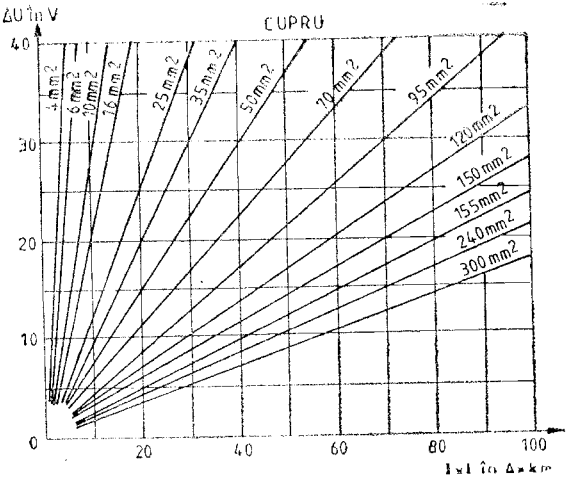


Fig. 12.3. Căderile de tensiune între faze pentru cabluri de joasă tensiune cu 3 conductoare cos $\varphi = 0{,}9$.



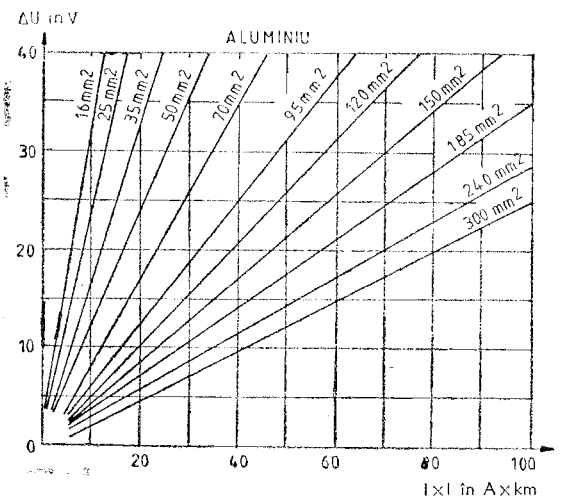


Fig. 12.4. Căderile de tensiune între faze pentru cabluri de joasă tensiune cu 3 conductoare, cos $\varphi = 0{,}8$.

12.5.2. Rezistența mecanică a cablurilor

Rezistența mecanică a cablurilor este asigurată de învelișurile de protecție și în mod special de armătura metalică.

De regulă, cablurile trebuie să fie pozate pe trasee ferite de solicitări mecanice, astfel încît să nu necesite armături metalice.

Se vor prevedea cabluri armate în următoarele situații:

— în cazul pozării aeriene cînd există pericolul de deteriorare mecanică și nu se justifică economic alte măsuri de protecție mecanică;

— în cazul pozării în terenuri supuse alunecării sau tasării;

— în locuri supuse trepidațiilor puternice;

— în mediile cu pericol de explozie.

12.5.3. Eforturi mecanice în caz de scurtcircuit

În cazul cablurilor monopolare pozate în aer, apar între conductoare, în caz de scurtcircuit, eforturi electrodinamice, care pot provoca deplasări ale cablurilor.

Pentru a evita astfel de deplasări, cablurile se fixează din loc în loc, distanțele între punctele de fixare calculîndu-se în funcție de eforturile electrodinamice între cabluri și de natura izolației.

Efortul electrodinamic F se calculează cu formulele:

1) *În caz de scurtcircuit bifazat:*

$$F = 2{,}04 \cdot \frac{i_{soc}^2}{a} \cdot 10^{-2} \ [\text{daN/cm}]$$

2) *În caz de scurtcircuit trifazat:*

$$F = 1{,}77 \cdot \frac{i_{soc}^2}{a} \cdot 10^{-2} \ [\text{daN/cm}];$$

i_{soc} este curentul de șoc — amplitudine [kA_{max}]; a — distanța între conductoarele cablului [cm].

Distanța d dintre punctele de fixare a cablului este:

$$d = kD \ [\text{cm}];$$

D este diametrul exterior al cablului [mm]; k — coeficientul în funcție de valoarea efortului electrodinamic și de natura izolației cablului, avînd valori conform tabelului 12.3.

Tabelul 12.3

Valorile coeficientului k

F [daN/cm]		0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1	2	4	6	8	10	20	30
k	*PVC*	11	10	9	8,5	8	7,5	6,5	5	4,2	3,8	3,6	2,7	2,3
	PE	32	28	26	24	23	22	18	14	13	11	10	8	7

13. TIPURI CONSTRUCTIVE DE CABLURI

13.1. Cabluri de energie cu izolație de hîrtie impregnată, în manta de plumb

Cablurile de energie cu izolație de hîrtie impregnată, în manta de plumb, armate și nearmate, cu conductoare de cupru sau de aluminiu, pentru tensiuni de cel mult 20 kV între conductoare se realizează în conformitate cu STAS 4481/1-78 „Condiții tehnice generale de calitate" și STAS 4481/2-80 „Construcții și dimensiuni".

Se execută astfel de cabluri pentru tensiunile U_0/U de 0,6/1; 3,5/6; 5,8/10 și 11,6/20 kV (v. tabelul 12.2).

13.1.1. Construcția

Structura constructivă a unui cablu trifazat cu izolație de hîrtie impregnată, în manta de plumb este arătată în figura 13.1.

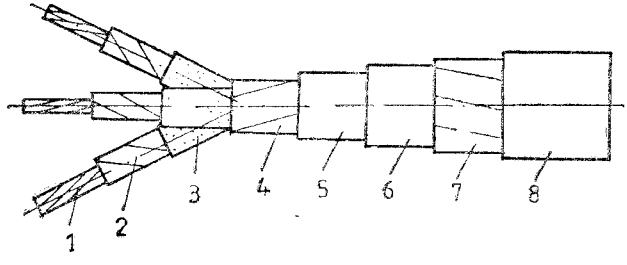


Fig. 13.1. Cablu de energie trifazat cu izolație din hîrtie impregnată și manta de plumb:
1 — conductor; *2* — hîrtie electroizolantă impregnată; *3* — strat semiconductor-ecran; *4* — izolație comună; *5* — înveliș interior de protecție; *6* — manta de plumb; *7* — armătură de protecție; *8* — înveliș exterior de protecție.

În fig. 13.2 este dată structura cablului monofazat de 20 kV cu izolație de hîrtie, în manta de plumb (simbol ACHPY) care se execută conform normei interne departamentare M.I.M.U.E.—CIMME nr. 59—E—79.

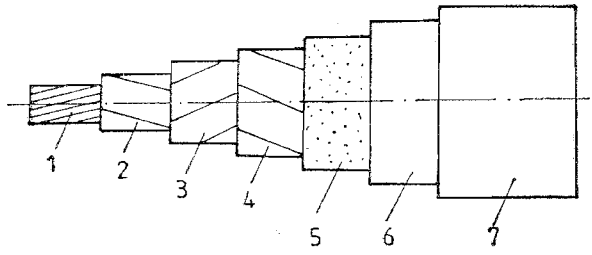


Fig. 13.2. Cablu monofazat de 20 kV cu izolație de hîrtie impregnată, în manta de plumb și înveliș din PVC (ACHPY):

1 — conductor multifilar; *2* — strat din hîrtie semiconductoare; *3* — izolație din hîrtie electroizolantă; *4* — strat din hîrtie semiconductoare; *5* — ecran metalic din hîrtie metalizată sau bandă de aluminiu; *6* — manta de plumb; *7* — manta din PVC.

13.1.1.1. **Conductoarele**

Principalele caracteristici și secțiunile minime admise ale conductoarelor sînt date în tabelele 12.1 și 13.1.

Tabelul 13.1

Secțiunile nominale minime admise ale cablurilor de energie cu izolație de hîrtie, în manta de plumb

Tensiunea nominală U_0/U [kV]	Conductor de cupru sau aluminiu [mm]²
0,6/1	16
3,5/6	25
5,8/10	35
12/20	50

13.1.1.2. **Izolația**

La cablurile cu $U_0 = 0{,}6$; 3,5 și 5,8 kV izolația este din hîrtie electroizolantă (STAS 5649-69), impregnată cu masă de impregnare.

La cablurile cu $U_0 = 12$ kV izolația este din hîrtie electroizolantă conform normei tehnice de produs, impregnată cu masă de impregnare.

Grosimea radială nominală a izolației trebuie să fie conform tabelului 13.2. pentru cabluri cu cîmp radial și conform tabelului 13.3 pentru cabluri cu cîmp neradial.

Tabelul 13.2

Grosimile radiale nominale ale izolației pentru cabluri cu cîmp radial

Secțiunea nominală [mm²]	Tensiunea nominală U_0/U [kV]			
	0,6/1[1]	3,5/6	5,8/10	12/20
	Grosimea radială nominală [mm]			
16	1,2	—	—	—
25—120	1,5	2,6	3,2	5,6
150—185	1,7	2,6	3,2	5,6
240—400	2	2,6	3,2	5,6

[1] Valorile din coloana 2 sînt valabile și pentru cabluri în instalații de curent continuu cu o tensiune nominală pînă la 1,5 kV.

Tabelul 13.3

Grosimile radiale nominale ale izolației pentru cabluri cu cîmp neradial

Secțiunea nominală [mm²]	Tensiunea nominală U_0/U [kV]					
	0,6/1[1]		3,5/6		5,8/10	
	Grosimea radială nominală [mm]					
	C/C	*C/M*	*C/C*	*C/M*	*C/C*	*C/M*
16—120	1,8	1,5	5,2	3,1	6,4	3,7
150—185	2,2	1,7	5,2	3,1	6,4	3,7
240—400	2,4	2,0	5,2	3,1	6,4	3,7

C/C — izolația între conductoare;
C/M — izolația dintre conductoare și mantaua de plumb;

[1] Valorile din coloanele 2 și 3 sînt valabile și pentru cabluri în instalații de curent continuu cu o tensiune nominală pînă la 1,5 kV.

Pentru grosimi nominale ale izolației mai mari de 4 mm abaterea negativă maximă este de 5%, iar pentru grosimi mai mici de 4 mm abaterea negativă maximă este de 0,2 mm. Abaterea pozitivă nu este reglementată.

După impregnare, hîrtia electroizolantă trebuie să corespundă următoarelor condiții:

— rezistența la rupere a unei benzi late de 16 mm va fi de minimum 18 N/0,025 mm grosime;

— alungirea la rupere a benzii va fi de minimum 1,5%;

Masa de impregnare nu trebuie să aibă nici o acțiune chimică distructivă asupra elementelor cu care vine în contact: hîrtia, cuprul, aluminiul sau plumbul.

Masa de impregnare poate fi migratoare sau nemigratoare.

Masa de impregnare migratoare trebuie să aibă o vîscozitate de minimum 600 cP la +56°C.

Masa de impregnare nemigratoare trebuie să satisfacă încercarea de migrare conform STAS 4481/1-78 și să nu conțină impurități sau umiditate.

13.1.1.3. Mantaua de plumb

Mantaua de plumb se execută din Pb 99,96 (STAS 663-76), aliat. *Aliajul* trebuie să conțină 0,03—0,08% cupru și un adaos de antimoniu cu o puritate de minimum 98%. Astfel:

0,5 — 0,8% pentru cablurile nearmate;

0,1 — 0,3% pentru cablurile armate.

Mantaua de plumb trebuie să fie etanșă, fără încrețituri, fisuri, tăieturi sau părți ascuțite.

Grosimea mantalei de plumb este stabilită conform tabelului 13.4, în funcție de diametrul cablului sub mantaua de plumb.

Tabelul 13.4

Grosimile mantalei de plumb ale cablurilor cu izolație de hîrtie impregnată

Diametrul sub mantaua de plumb [mm]	Grosimea mantalei de plumb, în mm, pentru:					
	Toate tipurile de cablu[1]			Cabluri trifazate cu 3 mantale de plumb		
	Minimum	Nominal	Maximum	Minimum	Nominal	Maximum
$d \leqslant 13$	0,90	1,05	1,13	—	—	—
$13 < d \leqslant 16$	0,90	1,05	1,13	—	—	—
$16 < d \leqslant 20$	1,00	1,15	1,24	1,20	1,40	1,51
$20 < d \leqslant 23$	1,10	1,25	1,35	1,30	1,50	1,62
$23 < d \leqslant 26$	1,20	1,40	1,51	1,40	1,60	1,73
$26 < d \leqslant 30$	1,20	1,40	1,51	1,40	1,60	1,73
$30 < d \leqslant 33$	1,30	1,50	1,62	1,50	1,70	1,84
$33 < d \leqslant 36$	1,40	1,60	1,73	1,60	1,80	1,94
$36 < d \leqslant 40$	1,40	1,60	1,73	1,70	1,95	2,11
$40 < d \leqslant 43$	1,50	1,70	1,84	1,80	2,05	2,21
$43 < d \leqslant 46$	1,50	1,70	1,84	1,90	2,15	2,32
$46 < d \leqslant 50$	1,60	1,80	1,94	2,00	2,30	2,48
$50 < d \leqslant 53$	1,60	1,80	1,94	2,00	2,30	2,48
$53 < d \leqslant 56$	1,70	1,95	2,11	2,10	2,40	2,59
$d > 56$	1,70	1,95	2,11	2,20	2,50	2,70

[1] Cu excepția celor trifazate cu 3 mantale de plumb.

13.1.1.4. Învelișuri de protecție și armătură

Învelișurile de protecție pot fi din materiale textile, masă bituminoasă, benzi de elastomeri, benzi de isobutilenă sau cauciuc butilic, benzi din fibră de sticlă, *PVC*.

Armătura poate fi din sîrmă rotundă de oțel, sîrmă lată de oțel sau benzi de oțel.

Învelișurile de protecție (mantaua) de *PVC* trebuie să fie de tipul YM2 și să corespundă caracteristicilor prevăzute în STAS 4481/1-78.

Învelișurile de protecție recomandate de STAS 4481/1-78 pentru diferite tipuri de cabluri sînt date în tabelele 13.5, 13.6, 13.7 și 13.8. În aceste tabele straturile sînt prezentate în succesiunea de la conductor

Tabelul 13.5

Învelişurile de protecţie ale cablurilor cu izolaţie de hîrtie, nearmate

Tipul învelişului		Grosimea radială a învelişului pentru diametrul sub mantaua de plumb		Simbolul cablului
Simbolul	Construcţia	Pînă la 55 mm	Peste 55 mm	
A_3	Un strat de masă bituminoasă	0,3 mm (valoare orientativă)		...PY
	Înveliş de protecţie din *PVC* în formă de manta	Conform tabelului 13.10, şirul 1, iar pentru solicitări sporite şirul 2		

Tabelul 13.6

Învelişurile interioare de protecţie ale cablurilor cu izolaţie de hîrtie, armate

Tipul învelişului		Grosimile radiale ale învelişului pentru diametrul sub mantaua de plumb (valori orientative)			Simbolul cablului
Simbolul	Construcţia	Pînă la 30 mm	De la 30 mm pînă la 50 mm	Peste 50 mm	
B_1	Un strat de masă bituminoasă Cel puţin un strat din bandă textilă sau hîrtie sau un strat din fibre textile (iută, cînepă etc.) impregnate în prealabil cu fungicide şi amestecuri bituminoase cu straturi intermediare din masă bituminoasă Un strat de masă bituminoasă (poate lipsi la cablurile cu armătură din sîrmă)	1,5 mm	1,8 mm	2 mm	...PAb ...PAl ...PAr

Tabelul 13.7

Învelişurile exterioare de protecţie ale cablurilor cu izolaţie de hîrtie, armate

Tipul învelişului		Grosimile radiale ale învelişului pentru diametrul sub mantaua de plumb (va ori orientative)		Simbolul cablului
Simbolul	Construcţia	Pînă la 55 mm	Peste 55 mm	
C_1	Un strat de masă bituminoasă Fibre textile în prealabil impregnate cu fungicide şi amestecuri bituminoase Un strat de masă bituminoasă Un strat de soluţie de cretă sau apă de var	1,5 mm	2,0 mm	...AbI ...AlI ...ArI
C_4	Înveliş de protecţie din *PVC* în formă de manta	(conform tabelului 13.10, şirul 3)		...Ab ...Al ...Ar

Învelişurile de protecţie ale cablurilor cu izolaţie de hîrtie, cu mai multe mantale

Tipul învelişului		Grosimea radială a învelişului	Simbolul cablului
Simbolul	Construcţia		
D3a	Un strat de masă bituminoasă Înveliş de protecţie din *PVC* în formă de manta	0,3 mm (valoare orientativă) Conform tabelului 13.10, şirul 1[1]	
D3b	Masă plastică Înveliş de protecţie din *PVC* în formă de manta	0,8 mm Conform tabelului 13.10, şirul 1[1]	
D4	Un strat de masă bituminoasă sau plastică Bandă de poliizobutilenă sau cauciuc butilic cu o grosime de 0,4 mm (valoare obligatorie înainte de prelucrare) înfăşurată cu suprapunere O înfăşurare din folie de masă plastică, apoi un strat de masă plastică sau bituminoasă	0,8 mm	...EPYAb ...EPYAl ...EPYAr
	Înveliş de protecţie din *PVC* în formă de manta	Conform tabelului 13.10, şirul 1	

[1] La cablurile cu mai multe mantale fără înveliş interior, armătură şi înveliş exterior, se vor utiliza dimensiunile învelişului de *PVC* indicate în tabelul 13.10, şirul 2, măsurate pentru conductorul cablat.

spre exterior. Pentru simplificare s-a indicat numai partea din simbolul cablului referitoare la ecran, mantaua de plumb, respectiv învelişul de protecţie.

Tipurile de armături sînt redate în tabelul 13.9.

Grosimea radială a învelişurilor din *PVC* nu trebuie să scadă în nici un loc cu mai mult de 0,2 mm + 20% din valoarea nominală menţionată în tabelul 13.10.

13.1.1.5. **Stratul semiconductor — ecran**

Cablurile cu cîmp radial pentru $U_0 = 12$ kV trebuie să aibă peste conductor un strat semiconductor, iar peste izolaţia conductorului un strat semiconductor şi ecran.

Grosimea stratului semiconductor-ecran trebuie să fie de maximum 10% din grosimea nominală a izolaţiei.

Tabelul 13.9

Armăturile cablurilor cu izolaţie de hîrtie

Tipul armăturii		Grosimile radiale ale armăturii pentru diametrul sub manta			Simbolul cablului
Simbolul	Construcţia	Pînă la 30 mm	De la 30 mm la 50 mm	Peste 50 mm	
Ab sau Abz	Două benzi de oţel acoperite cu masă bitumoasă	2×0,3 mm[1]	2×0,5 mm[1]	2×0,8 mm[1]	...Pab ...P...Ab
Al sau Alz	Dacă peste armătură se prevede un înveliş de protecţie din *PVC* conform tabelului 13.7, tipul C4, peste armătura din sîrmă trebuie să se prevadă o contraspiră sau o spirală de susţinere din bandă de oţel zincată de cel puţin 0,3 mm grosime, care acoperă cel puţin 50% din suprafaţa armăturii În toate celelalte cazuri contraspira va avea 0,5 mm	Minimum 0,6 mm grosime	Minimum 0,8 mm diametru		...PAl... ...P...Al ...PArz ... ...P...Arz

[1] Valori orientative.

Tabelul 13.10

Grosimile radiale ale învelişurilor din *PVC* pentru cabluri cu izolaţie de hîrtie

Diametrul sub învelişul de protecţie din *PVC* [mm]	Valoarea nominală a grosimii radiale [mm]		
	Şirul 1	Şirul 2	Şirul 3
Pînă la 20	1,4	1,4	1,4
Pînă la 30	1,4	1,6	1,8
Pînă la 40	1,4	1,8	2,2
Pînă la 50	1,6	2,0	2,6
Pînă la 60	1,8	2,2	3,0
Pînă la 70	2,0	2,4	3,4
Pînă la 80	2,2	2,6	3,8
Peste 80	2,4	2,8	4,0

13.1.2. Notarea şi identificarea

Notarea cablurilor cu izolaţie de hîrtie impregnată, în manta de plumb, se face indicînd în ordine:

— simbolizarea (STAS 9436/2-73);

— numărul de conductoare x secţiunea nominală [mm^2]; pentru cablurile care au secţiunea de nul mai mică decît cea a conductoarelor de

fază se notează în continuare, despărțită prin semnul + secțiunea conductorului de nul;

— simbolul pentru forma și construcția conductorului:

r — conductor cu secțiune de formă rotundă; *s* — conductor cu secțiunea de formă sector; *u* — conductor unifilar; *m* — conductor multifilar;

— tensiunea nominală U_0/U;

— numărul standardului: STAS 4481-78.

Exemplu de notare pentru un cablu cu conductoare de aluminiu, cu izolație de hîrtie impregnată, în manta de plumb, cu armătură din bandă de oțel zincată, avînd 3 conductoare de fază de 50 mm² și un conductor de nul de 25 mm², de secțiune rotundă, unifilare, pentru tensiunea nominală 0,6/1 kV:

A C H P A bz 3 × 50 + 25 r u 0,6/1 kV STAS 4481-78.

Identificarea cablurilor se poate face prin cifre sau culori. Astfel:

1) *Prin cifre:*

— cablu cu 1 conductor 1
— cablu cu 2 conductoare 1—2
— cablu cu 3 conductoare 1—2—3
— cablu cu 4 conductoare 1—2—3—4

2) *Prin culoarea ultimelor două straturi de hîrtie* (numai pentru cabluri cu $U_0 = 0{,}6$ kV):

— cablu cu 1 conductor — culoare naturală
— cablu cu 2 conductoare — culoare naturală/albastră
— cablu cu 3 conductoare — culoare naturală/albastră/roșie
— cablu cu 4 conductoare — culoare naturală/albastră/roșie/verde

13.1.3. Tipuri constructive și utilizarea lor

Tipurile constructive de cabluri cu izolație de hîrtie și manta de plumb, utilizarea lor și tipurile în fabricație uzuală sînt date în tabelul 13.11.

13.2. Cabluri de energie cu izolație și manta din PVC

Cablurile de energie cu izolație și manta din *PVC*, cu conductoare de cupru sau de aluminiu, armate și nearmate, pentru tensiunea de cel mult 10 kV între conductoare se realizează în conformitate cu STAS 8771/1-85 „Condiții tehnice generale de calitate" și STAS 8771/2-80 „Construcție și dimensiuni".

Cablurile cu izolație și manta de *PVC* sînt cabluri cu întîrziere la propagarea flăcării.

Se execută astfel de cabluri pentru tensiunile U_0/U de 0,6/1; 3,5/6 și 5,8/10 kV.

Tabelul 13.11

Tipurile constructive de cabluri cu izolaţie de hîrtie şi manta de plumb (STAS 4481-80), domeniul de utilizare şi tipurile în fabricaţie uzuală (cu titlu informativ)

Simbolul cablului	Construcţia	Domeniul de utilizare	Tipuri în fabricaţie uzuală
CHP ACHP	Cabluri cu conductoare de cupru, respectiv aluminiu, cu izolaţie de hîrtie impregnată, în manta de plumb	În instalaţii fixe interioare sau în canale de beton, în locuri ferite de acţiuni chimice şi lovituri	ACHP — 0,6/1 kV: 3 × (16 ... 150) mm² 4 × (10 ... 16) mm² 3 × (25 ... 150) + + (16 ... 70) mm²
CHPI ACHPI	Idem ca mai sus, în plus cu înveliş exterior de protecţie	Idem, precum şi în medii supuse în mică măsură acţiunilor chimice, care însă nu atacă învelişul de protecţie şi în instalaţii exterioare pe trasee neexpuse loviturilor	
CHPAb ACHPAb CHPAbz ACHPAbz	Cabluri cu conductoare de cupru, respectiv aluminiu, cu izolaţie de hîrtie impregnată, în manta de plumb, cu armătură din bandă de oţel, respectiv bandă de oţel zincată	În instalaţii subterane, în care sînt posibile solicitări mecanice în timpul montării sau exploatării	ACHPAb — 0,6/1 kV: 3 × (16 ... 150) mm² 4 × 10 mm² 3 × (25 ... 240) + + (16 ... 120) mm²
CHPAl ACHPAl CHPAlz ACHPAlz	Idem ca mai sus, însă cu armătura din sîrmă lată de oţel, respectiv sîrmă lată de oţel zincată		
CHPArz ACHPArz	Idem ca mai sus, însă cu armătură din sîrmă rotundă de oţel zincată		
CHPAbI ACHPAbI CHPAbzI ACHPAbzI	Cabluri cu conductoare de cupru, respectiv aluminiu, cu izolaţie de hîrtie impregnată, în manta de plumb, cu armătură din bandă de oţel, respectiv bandă de oţel zincată şi înveliş exterior de protecţie	Idem ca mai sus, în pămînt, precum şi în medii supuse acţiunilor chimice, care însă nu atacă învelişul de protecţie	ACHPAbI — 3,5/6 kV: 3 × 185 mm² CHPAbI — 0,6/1 kV: 3 × (16 ... 150) mm² 3 × (25 ... 150) + + (16 ... 70) mm²
CHPAlI ACHPAlI CHPAlzI ACHPAlzI	Idem ca mai sus, însă cu armătură din sîrmă lată de oţel, respectiv sîrmă lată de oţel zincată		
CHPArzI ACHPArzI	Idem ca mai sus, însă cu armătura din sîrmă rotundă de oţel zincată		

13.2.1. Construcția

Structura constructivă a unui cablu trifazat cu izolație și manta din *PVC* este arătată în figura 13.3.

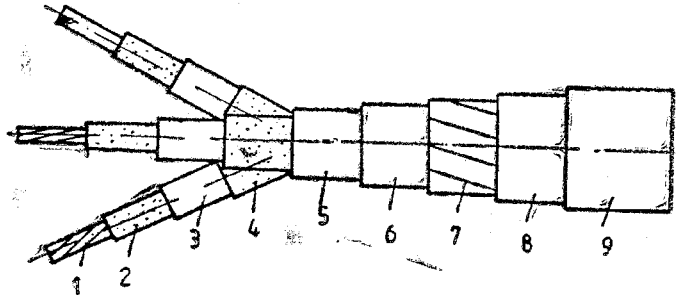


Fig. 13.3. Cablu trifazat cu izolație și manta din PVC:
1 — conductor multifilar; *2* — strat semiconductor; *3* — izolație din PVC; *4* — strat semiconductor-ecran; *5* — înveliș comun; *6* — înveliș interior din PVC; *7* — armătură de protecție; *8* — înveliș exterior din PVC.

13.2.1.1. Conductoarele

Principalele caracteristici și secțiuni minime admise sînt date în tabelele 12.1 și 13.12.

Tabelul 13.12

Secțiunile nominale minime admise la conductoarele cablurilor de energie cu izolație și manta din *PVC*

Tensiunea nominală U_0/U [kV]	Secțiunea nominală minimă [mm²]	
	Pentru conductoare de cupru	Pentru conductoare de aluminiu
0,6/1	1,5	4
3,5/6	25	25
5,8/10	35	35

La cablurile cu 3 conductoare de fază cu secțiunea de la 25 mm² în sus, se admite un singur conductor suplimentar cu secțiune redusă, conform tabelului 13.13. La conductoarele cu secțiunea sub 25 mm², secțiunea celui de-al 4-lea conductor este egală cu secțiunea conductoarelor de fază.

La cablurile cu 5 conductoare, secțiunile acestora trebuie să fie egale.

Conductorul cu secțiune redusă poate fi izolat ca și fazele cu care se înfunie sau poate fi dispus concentric peste învelișul comun al conductoarelor.

Tabelul 13.13

Secțiunile nominale ale conductoarelor cu secțiune redusă la cablurile de energie cu izolație și manta din *PVC*

Secțiunile nominale [mm²]	
Pentru conductorul de fază	Pentru conductorul cu secțiune redusă
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

13.2.1.2. **Izolația**

La cablurile cu tensiune nominală $U_0 = 0{,}6$ kV izolația conductoarelor este din *PVC* tip YI_1, iar la cablurile cu $U = 3{,}5$ și 5,8 kV din *PVC* tip YI_2.

Învelișul interior se realizează din *PVC* tip YI_1, iar mantaua exterioară din *PVC* tip YI_2.

Grosimea radială nominală a izolației trebuie să fie conform tabelului 13.14.

Tabelul 13.14

Grosimile radiale nominale ale izolației conductoarelor la cablurile cu izolație și manta din *PVC*

Secțiunea nominală a conductorului [mm²]	Tensiunea nominală U_0		
	0,6 kV	3,5 kV	5,8 kV
	Grosimea radială nominală a izolației [mm]		
1,5 și 2,5	0,8	—	—
4; 6; 10 și 16	1,0	—	—
25 și 35	1,2	3,4	4
50 și 70	1,4	3,4	4
95 și 120	1,6	3,4	4
150	1,8	3,4	4
185	2,0	3,4	4
240	2,2	3,4	4
300	2,4	3,4	4
400	2,6	3,4	4

Cablurile cu mai multe conductoare au un înveliș comun peste ansamblul conductoarelor înfuniate. Acest înveliș poate fi sub formă de benzi sau extrudat. Grosimea radială a învelișului comun trebuie să fie conform tabelului 13.15.

Tabelul 13.15

Grosimile radiale nominale ale învelișului comun la cablurile cu izolație și manta din *PVC*

Diametrul peste conductoarele înfuniate [mm]		Pînă la						Peste
		15	25	35	45	55	65	65
Grosimea radială a învelișului comun[1]	Înfășurat	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7
	Extrudat	0,8	1,2	1,5	1,8	2,0	2,2	2,4

[1] Valori aproximative.

Învelișul interior de protecție (mantaua interioară) din *PVC* trebuie să aibă o grosime radială nominală conform tabelului 13.16, iar grosimea radială a mantalei exterioare de *PVC* conform tabelului 13.17.

Tabelul 13.16

Grosimile radiale nominale ale mantalei interioare din *PVC* la cablurile cu izolație și manta din *PVC*

Diametrul cablului sub învelișul exterior de protecție [mm]	Pînă la							Peste
	15	25	30	40	50	60	70	70
Valoarea nominală a grosimii mantalei interioare de protecție [mm]	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2

Tabelul 13.17

Grosimile radiale nominale ale mantalei exterioare din *PVC* la cablurile cu izolație și manta din *PVC*

Diametrul cablului sub mantaua exterioară [mm]	Pînă la							Peste
	20	30	40	50	60	70	80	80
Valoarea nominală a grosimii mantalei [mm]	1,8	2,0	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	4,0

Mantaua exterioară din *PVC* este de regulă:
— la cablurile cu $U_0 = 0{,}6$ kV, de culoare neagră;
— la cablurile cu $U_0 = 3{,}5$ și 5,8 kV, de culoare roșie.

13.2.1.3. **Strat semiconductor, ecran, conductor concentric**

Stratul semiconductor este o bandă semiconductoare, un strat extrudat dintr-un amestec semiconductor sau o combinație a acestora.

Ecranul este un înveliș metalic alcătuit din una sau mai multe benzi sau sîrme de cupru moale.

Conductorul concentric este alcătuit dintr-o înfășurare de sîrmă de cupru.

Stratul semiconductor se aplică pentru uniformizarea cîmpului direct pe conductor numai la cablurile cu $U_0 = 5{,}8$ kV.

La cablurile cu $U_0 = 0{,}6$ kV nu se prevede strat semiconductor-ecran.

La cablurile cu $U_0 = 3{,}5$ kV stratul semiconductor-ecran se aplică peste învelișul comun al conductoarelor înfuniate.

La cablurile cu $U_0 = 5{,}8$ kV stratul semiconductor-ecran se aplică peste izolația fiecărui conductor; ecranele metalice ale conductoarelor trebuie să fie în contact între ele.

La cablurile cu $U_0 = 0{,}6$ kV, dacă există conductor concentric, acesta este aplicat peste învelișul comun.

13.2.1.4. **Armătura**

La cablurile la care este prevăzută armătură, aceasta se aplică peste învelișul interior.

Armătura trebuie să fie continuă și se execută din sîrmă rotundă sau din bandă de oțel zincată.

13.2.2. **Notarea și identificarea**

Notarea cablurilor cu izolație și manta din *PVC* se face în același mod ca la cablurile cu izolație de hîrtie în manta de plumb (V. 13.1.2) cu observația că la cablurile cu $U_0 = 0{,}6$ kV care nu au conductor concentric, după simbolizare (STAS 9436/2-80) se adaugă un simbol suplimentar:

J cînd cablul are conductor de protecție de culoare verde-galben;

O cînd cablul nu are conductor de protecție de culoare verde-galben.

Pentru identificare, izolația conductorului cablurilor cu $U_0 = 0{,}6$ kV cu un conductor se colorează albastru deschis sau negru.

Izolația conductoarelor cablurilor cu $U_0 = 0{,}6$ kV cu mai multe conductoare se colorează conform tabelului 13.18.

Izolația din *PVC* a conductoarelor cablurilor cu $U_0 = 3{,}5$ și 5,8 kV se face fără colorant.

Tabelul 13.18

Identificarea conductoarelor cablurilor cu izolație și manta din *PVC* cu $U_0 = 0{,}6$ kV

Numărul conductoarelor	Varianta 1		Varianta 2	
	Cablu fără conductor de protecție	Cablu cu conductor de protecție	Cablu fără conductor de protecție	Cablu cu conductor de protecție
2	*V/R*	—	*N/AD*	—
3	*R/G/AD*	*VG/V/R*	*N/AD/M*	*VG/N/AD*
4	*V/R/G/AD*	*VG/V/R/AD*	*N/AD/M/N*	*VG/N/AD/M*
5	—	*VG/V/R/AD/V*	—	*VG/N/AD/M/N*

VG — verde-galben (culoarea conductorului de protecție);
N — negru (culoarea conductorului neutru);
AD — albastru deschis; *M* — maro;
V — verde (culoarea conductorului neutru); *R* — roșu; *G* — galben.
Dacă nu se specifică altfel, cablurile se execută în varianta 1.

Tabelul 13.19

Tipurile constructive de cabluri cu izolație și manta din *PVC* (STAS 8771-80), domeniul de utilizare și tipurile în fabricație uzuală (cu caracter informativ)

Simbolul cablului	Construcția	Domeniul de utilizare	Tipuri în fabricație uzuală
CYY ACYY	Cabluri cu conductoare de cupru, respectiv aluminiu, cu izolație din *PVC*, în manta din *PVC*	În instalații din interiorul clădirilor, în tuneluri sau canale, unde nu există posibilitatea de lovituri și în medii care nu atacă mantaua din *PVC*	CYY — 0,6/1 kV: 1 × (1,5 ... 400) mm² 2 × (1,5 ... 16) mm² 3 × (1,5 ... 240) mm² 4 × (1,5 ... 35) mm² 3 × (50 ... 240) + (25 ... 120) ACYY — 0,6/1 kV: 1 × (4 ... 400) mm² 2 × (1,5 ... 16) mm² 3 × (1,5 ... 240) mm² 4 × (1,5 ... 35) mm² 3 × (25 ... 240) + (16 ... 120) mm²
CYAbY ACYAbY CYAbzY ACYAbzY	Cabluri cu conductoare de cupru, respectiv aluminiu, cu izolație din *PVC*, cu armătură din bandă de oțel, respectiv bandă de oțel zincată și manta din *PVC*	În aceleași condiții ca mai sus, dar și în pământ, dacă solul nu este în permanență umed și în locuri unde există posibilități de lovire	CYAbY — 0,6/1 kV: 1 × (2,5 ... 400) mm² 2 × (1,5 ... 16) mm² 3 × (1,5 ... 240) mm² 4 × (1,5 ... 185) mm² 3 × (25 ... 240) + + (16 ... 240) mm² ACYAbY — 0,6/1 kV: 1 × (16 ... 400) mm² 2 × (4 ... 16) mm² 3 × (4 ... 120) mm² 4 × (1,5 ... 400) mm² 3 × (25 ... 240) + + (16 ... 120) mm²
CYAlY ACYAlY CYAlzY ACYAlzY	Idem ca mai sus, însă cu armătură din sîrmă lată de oțel, respectiv sîrmă lată de oțel zincată		
CYArzY ACYArzY	Idem ca mai sus, însă cu armătură din sîrmă rotundă de oțel zincată		
CYCY ACYCY	Cabluri cu conductoare de cupru, respectiv aluminiu, cu izolație din *PVC*, cu conductor concentric de nul și manta din *PVC*	În aceleași condiții ca și cablurile CYY și ACYY	
CYCOY ACYCOY	Idem ca mai sus, însă cu conductorul concentric de nul ondulat		

CYHSY ACYHSY	Cabluri cu conductoare de cupru, respectiv aluminiu, cu izolaţie din *PVC*, cu strat semiconductor şi ecran metalic comun, în manta din *PVC*	Ca şi cablurile CYY şi ACYY, la tensiuni peste 1 kV	ACYHSY — 3,5/6 kV: 1 × (25 ... 300) mm² 3 × (25 ... 240) mm² CYHSY — 3,5/6 kV: 1 × (25 ... 300) mm² 3 × (25 ... 150) mm²
CYHSAbY ACYHSAbY CYHSAbzY ACYHSAbzY	Cabluri cu conductoare de cupru, respectiv aluminiu, cu izolaţie din *PVC*, cu strat semiconductor şi ecran metalic comun, cu armătură din bandă de oţel, respectiv bandă de oţel zincată, în manta din *PVC*	Ca şi cablurile CYAbY şi ACYAbY, la tensiuni peste 1 kV	ACYHSAbY — 3,5/6 kV: 1 × (25 ... 300) mm² 3 × (25 ... 240) mm² CYHSAbY — 3,5/6 kV: 1 × (25 ... 300) mm² 3 × (25 ... 150) mm²
CYHSAlY ACYHSAlY CYHSAlzY ACYHSAlzY	Idem ca mai sus, însă cu armătură din sîrmă lată de oţel, respectiv sîrmă lată de oţel zincată		
CYHSArzY ACYHSArzY	Idem ca mai sus, însă cu armătură din sîrmă rotundă de oţel zincată		
CYSEY ACYSEY	Cabluri cu conductoare de cupru, respectiv aluminiu, cu izolaţie din *PVC*, cu strat semiconductor peste fiecare conductor şi peste izolaţia fiecărui conductor şi ecran metalic peste fiecare conductor în parte, în manta din *PVC*	În instalaţii din interiorul clădirilor, în tuneluri sau canale, unde nu există posibilitatea de lovituri şi în medii care nu atacă mantaua din *PVC*	ACYSEY — 5,8/10 kV: 3 × (35 ... 150) mm² CYSEY — 5,8/10 kV: 3 × (35 ... 150) mm²
CYSEAbY ACYSEAbY CYSEAbzY ACYSEAbzY	Idem ca mai sus, însă în plus cu armătură din bandă de oţel, respectiv bandă de oţel zincată	În aceleaşi condiţii ca mai sus, dar şi în pămînt, dacă solul nu este în permanenţă umed	ACYSEAbY — 5,8/10 kV: 3 × (35 ... 150) mm² CYSEAbY — 5,8/10 kV: 3 × (35 ... 150) mm²
CYY—F ACYY—F	Cabluri cu conductoare de cupru, respectiv aluminiu, cu izolaţie din *PVC*, în manta din *PVC*, cu întîrziere mărită la propagarea flăcării	În aceleaşi condiţii ca CYY şi ACYY, în locuri cu pericol de incendiu	
CYAbY—F ACYAbY—F CYAbzY—F ACYAbzY—F	Idem ca mai sus, însă în plus cu armătură din bandă de oţel, respectiv bandă de oţel zincată	În aceleaşi condiţii ca CYAbY şi ACYAbY, în locuri cu pericol de incendiu	

13.2.3. Tipuri constructive, și utilizarea lor și tipurile în fabricație uzuală

Acestea sînt date în tabelul 13.19.

13.3. Cabluri de energie cu izolație din PVC, în manta din plumb

Cablurile de energie cu conductoare de cupru sau de aluminiu, cu izolație de *PVC*, în manta de plumb, armate și nearmate, cu sau fără manta exterioară de *PVC*, pentru tensiunea nominală de 1 kV între conductoare se realizează conform NTRE 2405-83.

Se pot monta în încăperi interioare, în canale, în aer liber, în apă și sub acțiunea directă a soarelui. Ele întîrzie propagarea flăcărilor.

13.3.1. Construcția

13.3.1.1. Conductoarele

Secțiunile nominale ale conductoarelor, numărul de fire și rezistența maximă admisă la +20 °C sînt aceleași din tabelul 12.1.

Conductoarele de cupru pot fi rotunde (STAS 1724-80) tip *n* sau sector de cerc.

Conductoarele de aluminiu pot fi rotunde (STAS 8235-80) sau sector de cerc.

Secțiunea minimă pentru conductoarele de aluminiu este 16 mm².

13.3.1.2. Izolația

Grosimea radială a izolației din *PVC* este conform tabelului 13.20.

Tabelul 13.20

Grosimile radiale ale izolației din *PVC* pentru cablurile cu izolație din *PVC*, în manta de plumb

Secțiunea nominală a conductoarelor [mm²]	Grosimea minimă radială a izolației din *PVC* [mm]
1,5	0,8
2,5	0,9
4...16	1,0
25 și 35	1,2
50 și 70	1,4
95 și 120	1,6
150	1,8
185	2,0
240	2,4
300	2,6
400	3,0

Grosimea orientativă a învelişului comun, care poate fi sub formă de benzi, sau extrudat este arătată în tabelul 13.21.

Tabelul 13.21

Grosimile radiale ale învelişului comun pentru cablurile cu izolaţie din *PVC*, în manta de plumb

Diametrul peste conductoarele înfuniate [mm]	Grosimea radială a învelişului comun [mm]	
	Înfăşurat	Extrudat
Pînă la 15	0,3	0,8
Peste 15, pînă la 25	0,5	1,2
Peste 25, pînă la 35	0,5	1,5
Peste 35, pînă la 45	0,5	1,8
Peste 45, pînă la 55	0,6	2,0
Peste 55, pînă la 65	0,7	2,2
Peste 65	0,7	2,4

Izolaţia din *PVC* va fi de tipul YI_1 (STAS 8778/1-85).

Învelişul comun se realizează dintr-un amestec de umplutură de cauciuc nevulcanizat sau alt material sintetic, care să adere la izolaţia conductoarelor.

13.3.1.3. **Mantaua de plumb**

Grosimea mantalei de plumb trebuie să fie conform tabelului 13.22.

Tabelul 13.22

Grosimile mantalei de plumb ale cablurilor cu izolaţie din *PVC*, în manta de plumb

Diametrul sub mantaua de plumb [mm]	Grosimea mantalei de plumb [mm]	
	Nominală	Minimă
Pînă la 20	0,95	0,8
Peste 20, pînă la 23	1,05	0,9
Peste 23, pînă la 26	1,15	1,0
Peste 26, pînă la 33	1,25	1,1
Peste 33, pînă la 36	1,40	1,2
Peste 36, pînă la 40	1,50	1,3
Peste 40	1,60	1,4

Aliajul de plumb are aceleaşi caracteristici ca la cablurile cu izolaţie de hîrtie şi manta de plumb (STAS 4481/2-80).

13.3.1.4. **Învelişuri de protecţie şi armătură**

Peste mantaua de plumb se aplică un strat de bitum şi o saltea din bandă de hîrtie creponată, bituminată la înfăşurare, sau alt material corespunzător, avînd grosimea de circa 0,5 mm, peste care se aplică o armătură din bandă de oţel, din sîrmă lată de oţel sau din sîrmă rotundă de oţel.

Numărul și grosimea minimă a benzilor de oțel este în funcție de diametrul cablului sub armătură:

— pînă la 30 mm: 2 benzi × 0,2 mm;

— peste 30 mm: 2 benzi × 0,3 mm.

Benzile se înfășoară cu acoperire de 50—70%.

În cazul sîrmelor de oțel:

— pentru diametre ale cablului sub armătură de cel mult 15 mm, diametrul sîrmei rotunde va fi de minimum 0,6 mm;

— pentru diametre ale cablului sub armătură de peste 15 mm, armătura de sîrmă rotundă va avea diametrul, iar sîrma lată grosimea de cel puțin 0,8 mm.

Pentru armăturile de sîrmă trebuie să se prevadă o contraspiră din bandă de oțel de cel puțin 0,3 mm grosime, care să acopere cel puțin 50% din suprafața armăturii.

13.3.1.5. Mantaua exterioară din PVC

Peste mantaua de plumb la cablurile CYPY și ACYPY și peste armătură la cablurile armate se aplică o manta exterioară de *PVC* de tipul YM2.

13.3.2. Notarea și identificarea

Notarea cablurilor cu izolație din *PVC*, în manta de plumb se face în același mod ca la cablurile cu izolație de hîrtie în manta de plumb ținînd seama de STAS 9436/2-80.

Pentru identificare izolația conductoarelor cablurilor se colorează în același mod ca la cablurile cu izolație și manta din *PVC* (tabelul 13.18).

13.3.3. Tipuri constructive de cabluri cu izolație din PVC, în manta de plumb

Sînt date în tabelul 13.23.

13.4. Cabluri cu izolație din polietilenă termoplastică

În țară se realizează cabluri de energie cu izolație de polietilenă termoplastică cu tensiunea nominală U_0/U de 12/20 kV, conform normei tehnice de ramură M.I.C.M.—DIEE nr. 521 E-80.

Tabelul 13.23

Tipurile constructive de cabluri cu izolație din *PVC*, în manta de plumb (STAS 2405-79), domeniul de utilizare și tipurile în fabricație uzuală*)

Simbolul cablului	Construcția	Domeniul de utilizare	Tipuri în fabricație uzuală
CYP ACYP	Cabluri cu conductoare de cupru, respectiv aluminiu, cu izolație din *PVC*, în manta de plumb	În instalații din interiorul clădirilor, în tuneluri sau canale de cabluri, în locuri ferite de lovituri și acțiuni chimice	ACYP — 0,6/1 kV: 1 × (4...500) mm² 2 × (4...120) mm² 3 × (4... 95) mm² 4 × (4... 35) mm² CYP — 0,6/1 kV: 1 × (1,5...185) mm² 2 × (1,5...120) mm² 3 × (1,5... 95) mm² 4 × (1,5... 35) mm² 3 × (25... 70) + + (16 ... 35) mm²
CYPY ACYPY	Idem ca mai sus, în plus cu înveliș exterior din *PVC*	Idem ca mai sus, în instalații care nu atacă mantaua exterioară din *PVC*	ACYPY — 0,6/1 kV: 1 × (25...500) mm² 2 × (4...120) mm² 2 × (4...120) mm² 4 × (4... 35) mm² 3 × (25... 70) + + (16... 35) mm² CYPY — 0,6/1 kV: 1 × (25...185) mm² 2 × (4...120) mm² 3 × (4... 95) mm² 4 × (4... 35) mm² 3 × (25... 70) + + (16... 35) mm²
CYPAbY CYPAbzY ACYPAbY ACYPAbzY	Cabluri cu conductoare de cupru, respectiv aluminiu, cu izolație din *PVC*, în manta de plumb, cu armătură din bandă, de oțel, respectiv bandă de oțel zincată și înveliș exterior din *PVC*	Idem ca mai sus, precum și în pământ, în soluri care nu atacă mantaua din *PVC*	ACYPAbY — 0,6/1 kV: 1 × (25...185) mm² 2 × (6...120) mm² 3 × (6... 95) mm² 4 × (6... 35) mm² 3 × (25... 70) + + (16...35) mm² CYPAbY — 0,6/1 kV: 1 × (25...185) mm² 2 × (4...120) mm² 3 × (4... 95) mm² 4 × (4... 35) mm² 3 × (25... 70) + + (16... 35) mm²
CYPAlY CYPAlzY ACYPAlY ACYPAlzY	Idem ca mai sus, însă cu armătură din sîrmă lată de oțel, respectiv sîrmă lată de oțel zincată		
CYPArzY ACYPArzY	Idem cea mai sus, însă cu armătură din sîrmă rotundă de oțel zincată		

*) Cu titlu informativ

Acestea sînt cabluri monofazice cu întîrziere la propagarea flăcării. Se pot poza în pămînt, în tuburi, în canale, în apă, (cu excepția apelor curgătoare), în fascicule de 3 cabluri monofazate așezate în treflă sau în linie.

13.4.1. Construcția

Structura constructivă este arătată în fig. 13.4.

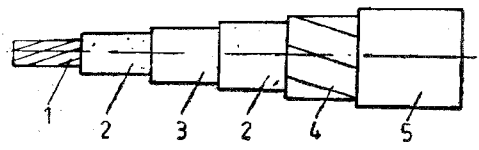


Fig. 13.4. Cablu de energie monofazat 12/20 kV cu izolație de polietilenă termoplastică:
1 — conductor; *2* — strat semiconductor; *3* — izolație din polietilenă termoplastică; *4* — ecran; *5* — manta de PVC.

Conductoarele sînt din aluminiu (Al 99,5—STAS 7607-72) masiv sau multifilar cablat, cu secțiunea de 95; 120 sau 150 mm².

Temperatura maximă admisă la conductor este de 70 °C în regim normal și 150 °C în regim de scurtcircuit.

Izolația este din polietilenă termoplastică și are o grosime nominală de 5,5 mm.

Straturile semiconductoare. Stratul semiconductor aplicat pe conductor este din polietilenă termoplastică semiconductoare cu o grosime minimă de 0,3 mm.

Stratul semiconductor aplicat peste izolația de polietilenă este constituit din:

— strat semiconductor extrudat din polietilenă termoplastică semiconductoare cu o grosime minimă de 0,3 mm sau,

— strat semiconductor din grafit și benzi din materiale semiconductoare (hîrtie semiconductoare, benzi textile semiconductoare sau alte materiale similare).

Ecranul metalic este constituit din:

— una sau două benzi de cupru 1/4 t, cu o grosime de minimum 0,10 mm, sau

— o înfășurare din sîrmă de cupru moale cu diametrul de minimum 0,5 mm.

Mantaua exterioară din PVC este de culoare roșie și are o grosime nominală de:

— 2,2 mm pentru o grosime a cablului sub manta de pînă la 30 mm;

— 2,4 mm pentru o grosime a cablului sub manta de pînă la 40 mm.

13.4.2. Notarea

Cablurile se notează indicînd simbolul, secțiunea nominală a conductorului [mm²], tensiunea nominală U_0/U și norma tehnică de ramură.

Exemplu: A2YSY, 120, 12/20, NTR 521 E—80.

Literele din simbol reprezintă:

A — conductor de aluminiu;
2Y — izolație de polietilenă termoplastică;
S — ecran;
Y — manta exterioară din *PVC*.

Pe plan mondial se construiesc diferite tipuri de cabluri cu izolație din polietilenă, cu conductoare de cupru sau de aluminiu, pentru medie și înaltă tensiune, pînă la 110 kV. Există diferite tipuri de izolație din polietilenă: polietilenă reticulată (XLPE), etilen propilena cauciuc (EPR) și polietilenă termoplastică.

Principalele caracteristici tehnice ale polietilenei sînt date în tabelul 13.24.

Tabelul 13.24

Principalele caracteristici tehnice ale polietilenei

Denumirea caracteristicii	UM	Valcarea
Masa specifică la +20 °C	[g/cm³]	0,92
Limita de elasticitate	[g/cm²]	85...95
Rezistența la tracțiune	[kgf/cm²]	100
Temperatura maximă în regim permanent	[°C]	70...80
Rezistența la frig	[°C]	−30...−50
Tensiunea de străpungere	[kV/mm]	40
Rezistivitatea electrică	[Ω cm]	$>10^{17}$
Rezistivitatea termică la +20 °C	[°C · cm/W]	35
Căldura specifică între +20° și +90 °C	[cal/°C · g]	0,6...0,8
Rigiditatea electrică la +20 °C	[kV/mm]	35...40

Un exemplu de cablu monofazat de 110 kV cu izolație din polietilenă reticulată și manta de plumb este dat în fig. 13.5.

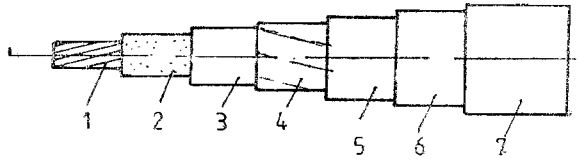


Fig. 13.5. Cablu electric monofazat de 110 kV cu izolație din polietilenă reticulată și manta de plumb:
1 — conductor; *2* — ecran semiconductor; *3* — izolație din polietilenă reticulată; *4* — ecran; *5* — înveliș intermediar; *6* — manta de plumb; *7* — înveliș exterior din polietilenă.

13.5. Alte tipuri de cabluri pentru tensiuni înalte și foarte înalte

13.5.1. Cabluri cu ulei sub presiune

Sînt foarte utilizate în prezent datorită fiabilității lor. Uleiul circulă printr-un canal central pe care îl formează un conductor tubular din cupru sau din aluminiu la cablurile monofazate (fig. 13.6), sau prin spațiile

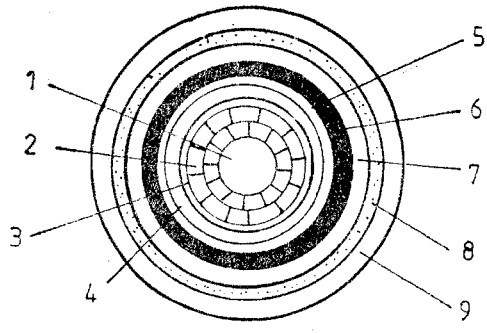


Fig. 13.6. Cablu electric monofazat cu presiune de ulei pentru înaltă tensiune: *1* — canal pentru circulație de ulei; *2* — conductor inelar de cupru; *3* — ecran din hîrtie metalizată sau hîrtie carbon; *4* — izolație din hîrtie impregnată cu ulei; *5* — ecran din hîrtie metalizată sau hîrtie carbon; *6* — manta metalică de plumb sau aluminiu; *7* — strat izolator; *8* — bandaj din fibră textilă cu inserție din sîrmă de cupru; *9* — manta exterioară din PVC.

dintre conductoare la cablurile trifazate (fig. 13.7). Pentru menținerea acestor canale se montează de obicei 3 spirale din aluminiu pe toată lungimea cablului.

Ecranele se realizează de obicei prin aplicarea cîtorva straturi de hîrtie metalizată sau hîrtie carbon peste conductor și sub mantaua metalică.

Izolația este formată din mai multe straturi de hîrtie impregnată. Hîrtia trebuie să fie de calitate foarte bună și înainte de impregnarea cu ulei să fie bine uscată pentru a se elimina orice urmă de umezeală.

Mantaua metalică de etanșare poate fi din plumb sau din aluminiu.

Mantaua de plumb este maleabilă și rezistentă la agenții chimici. Ca urmare a trepidațiilor solului și a caracteristicilor de temperatură ale cablului există pericolul apariției fenomenului de cristalizare a plumbului.

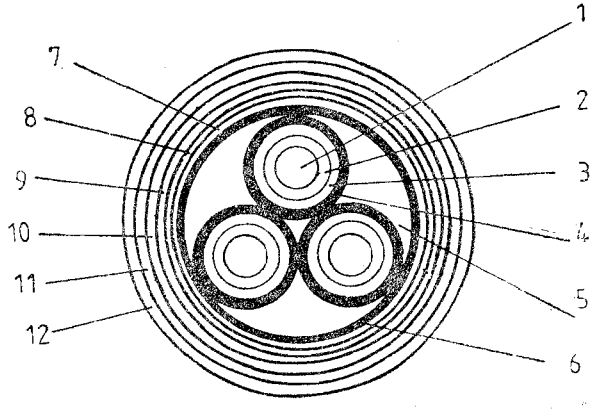


Fig. 13.7. Cablu electric trifazat 38/66 kV cu presiune de ulei:

1 — conductor din cupru multifilar circular; *2* — strat de nivelare; *3* — izolație din hîrtie impregnată cu ulei; *4* — ecran; *5* — interstiții pentru circulația uleiului; *6* — bandă de contact; *7* — manta de plumb; *8* — bandă de întărire; *9* — protecție anticorozivă; *10* — așternut intermediar; *11* — armătură de oțel; *12* — înveliș din material fibros.

Acest fenomen nu apare la aluminiu și de aceea, în ultima vreme, se folosește din ce în ce mai mult aluminiu pentru execuția mantalei. Aluminiul mai are avantajul că este mai ușor, reducînd greutatea mantalei cu circa 30%. Pentru mărirea suprafeței de răcire majoritatea mantalelor de aluminiu se execută ondulate.

Mantaua exterioară, de protecție anticorosivă se execută prin extrudare din *PVC* sau polietilenă.

13.5.2. Cabluri izolate cu gaze sub presiune

Se caracterizează prin existența unei țevi de presiune din oțel protejate în exterior, în care se introduc conductoarele, izolate în general cu hîrtie impregnată cu ulei, îmbrăcate în manta de plumb; gazul poate fi azot sau hexaflorură de sulf (SF_6). Gazul are rolul ca, prin variația presiunii sale, să urmărească fidel dilatarea sau contractarea cablului în funcție de temperatură și prin aceasta să preseze mantaua de plumb pe conductoare, evitînd formarea de goluri, care să micșoreze rigiditatea dielectrică.

Astfel de cabluri se construiesc pentru tensiuni foarte înalte și curenți foarte mari.

13.5.3. Cabluri cu temperaturi joase (criocabluri)

Se bazează pe fenomenul de supraconductibilitate, adică scăderea considerabilă a rezistenței electrice a unor materiale, atunci cînd temperatura la care sînt supuse scade sub o anumită limită, denumită temperatură de prag.

Drept conductoare se utilizează plumbul, niobiul, cadmiul și alte metale moi.

Ca lichid refrigerator se folosește heliul sau azotul lichid.

Acest sistem de cabluri necesită instalații speciale de refrigerare și pompare în schimb, datorită rezistenței electrice foarte reduse a conductoarelor, permite transmiterea unor puteri foarte mari.

14. ÎNCĂRCĂRI ADMISIBILE ALE CABLURILOR

Spre deosebire de liniile electrice aeriene, la care încărcarea conductoarelor este limitată în principal de pierderile de tensiune și de putere și în mai mică măsură de încălzire, la liniile electrice subterane un factor determinant îl reprezintă încălzirea. Aceasta depinde de intensitatea curentului ce parcurge cablul, de caracteristicile constructive ale cablului, precum și de o serie de factori exteriori: temperatura aerului sau a solului rezistivitatea termică a solului, modul de așezare a cablului în raport cu alte cabluri, ventilația etc.

Curentul maxim admisibil, care trebuie să nu producă o supratemperatură pariculoasă a unui cablu poate fi calculat teoretic. În STAS 10955-83 sînt indicate formulele de calcul și parametrii care trebuie luați în considerare într-un astfel de calcul.

În practica obișnuită se utilizează tabele în care, pe baza calculelor teoretice și a încercărilor practice, sînt indicate încărcările maxime admisibile pentru diferite tipuri și secțiuni de cablu, în diferite condiții de montare.

În continuare (tabelele 14.1 ... 14.6) sînt date încărcările maxime admisibile pentru cele mai uzuale tipuri de cabluri. Tabelele de bază cuprind aceste încărcări pentru o sarcină tip, la care cablul funcționează maximum 10 h/zi cu curenții maximi admisibili și minimum 10 h/zi cu 60% din curenții maximi admisibili; atunci cînd sarcina este în mod continuu egală cu sarcina maximă admisibilă, valorile din tabele trebuie reduse cu 25%.

De asemenea, încărcările sînt stabilite pentru o rezistivitate termică a solului de 100 °C · cm/W, pentru un cablu pozat singur în pămînt la o adîncime de 70 cm și la o temperatură de + 30 °C.

La pozarea mai multor cabluri în pămînt, la o distanță liberă între cabluri de circa 7 cm (o cărămidă) la temperaturi diferite de 20 °C și în soluri cu rezistivități termice diferite de 100 °C · cm/W, curentul maxim admisibil de durată se calculează cu ajutorul celui din tabelele 14.1 ... 14.6 la care se aplică *coeficientul de corecție k:*

$$k = k_1 k_2 k_3;$$

k_1 — este coeficientul de corecție pentru rezistivitatea termică a solului; k_2 — coeficientul de corecție pentru numărul de cabluri sau al sistemelor trifazate de cîte 3 cabluri cu un conductor; k_3 — coeficientul de corecție pentru temperatura solului.

Temperatura solului se consideră egală cu valoarea medie a temperaturilor maxime din lunile de vară, la adîncimea de pozare. Dacă nu există date precise, această temperatură se poate considera :

+ 20 °C pentru regiunile de şes ;

+ 15 °C pentru regiunile de deal şi munte.

Variaţia temperaturii solului se consideră neglijabilă pentru adîncimea de pozare cuprinsă între 70 şi 120 cm. Pentru cabluri pozate mai puţin adînc decît 70 cm se consideră o temperatură cu 5 °C mai mare decît temperatura calculată.

La pozarea mai multor cabluri în aer, în diferite moduri, la temperaturi diferite de + 30 °C, curentul maxim admisibil de durată se calculează cu ajutorul celui din tabelele 14.1 ... 14.6, la care se aplică un coeficient *de corecţie* k' :

$$k' = k'_1 k'_2 ;$$

k'_1 este coeficientul de corecţie pentru modul de pozare pe pămînt sau pe stelaje în difrite aşezări ; k'_2 — coeficientul de corecţie pentru diferite temperaturi ale mediului ambiant.

La pozarea cablurilor în apă se va corecta curentul maxim admisibil din taberele 14.1 ... 14.6 cu coeficientul $k = 1{,}15$.

În continuarea tabelelor ce cuprind curenţii maximi admisibili se dau tabelele 14.7 ... 14.16 cu coeficienţii k_1, k_2, k_3, k'_1 şi k'_2 pentru cele mai uzuale tipuri de cabluri.

Tabelul 14.7

Curenţii maximi admisibili de durată, în A, ale cablurilor trifazate uzuale de energie cu izolaţie de hîrtie impregnată, în manta de plumb

Conductor		Cabluri cu 3—4 conductoare pentru 0,6/1 kV şi 3,5/6 kV		Cabluri trifazate pentru 5,8/10 kV		Cabluri cu 3 mantale de plumb şi pentru cabluri ecranate 12/20 kV	
Materialul	Secţiunea [mm²]	Pămînt	Aer	Pămînt	Aer	Pămînt	Aer
CUPRU	16	105	90	—	—	—	—
	25	135	120	120	105	—	—
	35	165	150	145	125	—	—
	50	195	180	170	155	175	165
	70	245	230	215	195	215	205
	95	290	280	255	235	255	245
	120	330	325	290	270	290	280
	150	375	370	325	310	325	320
	185	420	420	365	355	365	360
	240	480	490	420	410	420	420
	300	540	560	470	470	465	480
	400	620	660	540	550	530	560
ALUMINIU	16	79	70	—	—	—	—
	25	100	91	89	78	—	—
	35	125	110	110	95	—	—
	50	150	140	130	115	130	125
	70	190	175	165	150	185	160
	95	225	215	195	180	195	190
	120	255	250	225	210	220	220
	150	290	285	255	240	250	250
	185	330	325	285	275	285	285
	240	375	385	325	320	325	330
	300	420	440	370	370	365	380
	400	490	530	430	440	420	440

Tabelul 14.2

Curenții maximi admisibili de durată, în A, ale cablurilor de energie cu un conductor, nearmate, cu izolație de hîrtie, în manta de plumb, pozate în linie într-un sistem trifazat

Conductor		Cabluri pentru 0,6/1 kV și 3,5/6 kV		Cabluri pentru 5,8/10 kV		Cabluri pentru 12/20 kV	
Materialul	Secțiunea [mm²]	Pămînt	Aer	Pămînt	Aer	Pămînt	Aer
CUPRU	16	125	120	—	—	—	—
	25	165	160	—	—	—	—
	35	200	200	180	175	—	—
	50	235	245	215	215	200	200
	70	290	310	265	270	245	250
	95	340	370	315	330	290	300
	120	390	430	355	380	330	350
	150	440	500	400	440	370	400
	185	480	560	450	500	410	455
	240	550	660	510	580	470	530
	300	610	750	560	660	520	600
	400	700	880	640	770	590	700
ALUMINIU	16	97	92	—	—	—	—
	25	125	120	—	—	—	—
	35	150	150	135	135	—	—
	50	180	185	165	165	150	150
	70	225	235	205	210	190	190
	95	265	285	240	255	225	230
	120	300	330	275	295	255	270
	150	340	380	310	340	290	310
	185	380	440	350	385	320	350
	240	435	510	400	450	370	410
	300	490	590	450	520	420	470
	400	560	700	510	620	480	560

Tabelul 14.3

Curenții maximi admisibili de durată, în A, ale cablurilor de energie cu un conductor, nearmate, cu izolație de hîrtie, în manta de plumb, pozate în trefilă într-un sistem trifazat

Conductor		Cablui pentru 0,6/1 kV și 3,5/6 kV		Cabluri pentru 5,8/10 kV		Cabluri pentru 12/20 kV	
Materialul	Secțiunea [mm²]	Pămînt	Aer	Pămînt	Aer	Pămînt	Aer
CUPRU	16	115	110	—	—	—	—
	25	150	145	—	—	—	—
	35	180	180	165	165	—	—
	50	215	220	200	200	185	185
	70	265	280	245	250	230	240
	95	315	340	290	305	270	285
	120	360	400	330	355	310	330
	150	410	460	375	410	350	380
	185	455	520	420	470	390	435
	240	520	610	480	540	450	510
	300	590	710	540	630	510	580
	400	680	840	620	750	590	690
ALUMINIU	16	88	82	—	—	—	—
	25	115	110	—	—	—	—
	35	140	135	125	125	—	—
	50	165	165	150	155	140	140
	70	205	215	190	195	175	180
	95	245	260	225	235	210	220
	120	280	305	255	275	240	255
	150	315	350	290	315	270	295
	185	355	405	325	365	305	335
	240	410	480	375	430	350	395
	300	460	550	420	495	400	455
	400	540	660	490	590	465	540

Tabelul 14.4

Curenţli maximi admisibili de durată, în A, ale cablurilor trifazate uzuale de energie cu izolaţie şi manta din *PVC*

Secţiunea nominală a conductorului [mm²]	Cablu cu 3 sau 4 conductoare pentru 0,6/1 kV				Cablu cu 3 conductoare pentru 3,5/6 kV				Cablu cu 3 conductoare pentru 5,8/10 kV			
	Pământ		Aer		Pământ		Aer		Pământ		Aer	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
1,5	27	—	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,5	36	—	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	46	36	34	27	—	—	—	—	—	—	—	—
6	58	45	44	34	—	—	—	—	—	—	—	—
10	77	60	60	47	—	—	—	—	—	—	—	—
16	100	78	80	63	—	—	—	—	—	—	—	—
25	130	100	105	82	125	97	110	87	—	—	—	—
35	155	120	130	100	150	115	135	105	145	110	130	100
50	185	145	160	125	175	135	165	130	170	130	155	120
70	230	175	200	155	220	170	205	160	210	160	195	150
95	275	215	245	190	260	200	250	195	245	190	235	185
120	315	245	285	220	295	230	285	220	280	215	270	210
150	355	275	325	250	335	260	325	250	320	245	310	240
185	400	310	370	285	370	290	370	285	355	280	350	270
240	465	360	435	340	425	330	430	340	405	315	400	310
300	520	410	500	390	475	380	490	390	450	355	450	355

Tabelul 14.5

Curenții maximi admisibili de durată, în A, ale cablurilor de energie cu un conductor, cu izolație și manta din *PVC*, pozate în linie într-un sistem trifazat

Conductor		Cabluri pentru 0,6/1 kV		Cabluri pentru 3,5/6 kV		Cabluri pentru 5,8/10 kV	
Materialul	Secțiunea [mm²]	Pământ	Aer	Pământ	Aer	Pământ	Aer
CUPRU	16	120	100	—	—	—	—
	25	155	135	150	135	—	—
	35	185	170	180	165	165	155
	50	220	205	210	200	195	185
	70	270	260	260	255	245	235
	95	325	320	310	310	290	285
	120	370	375	350	360	330	330
	150	420	430	390	405	370	370
	185	470	490	445	465	420	430
	240	540	590	510	550	490	510
	300	620	680	570	640	550	590
ALUMINIU	25	120	105	115	105	—	—
	35	145	130	140	130	130	120
	50	170	160	165	155	155	145
	70	210	200	205	200	190	185
	95	250	245	240	240	230	220
	120	290	290	275	275	260	255
	150	325	335	305	315	290	290
	185	365	380	350	365	330	335
	240	420	460	405	435	385	400
	300	475	530	455	500	430	460

Tabelul 14.6

Curenții maximi admisibili de durată, în A, ale cablurilor de energie cu un conductor, cu izolație și manta din *PVC*, pozate în trefilă într-un sistem trifazat

Conductor		Cabluri pentru 0,6/1 kV		Cabluri pentru 3,5/6 kV		Cabluri pentru 5,8/10 kV	
Materialul	Secțiunea [mm²]	Pământ	Aer	Pământ	Aer	Pământ	Aer
1	2	3	4	5	6	7	8
CUPRU	16	110	86	—	—	—	—
	25	140	120	135	125	—	—
	35	170	145	165	155	155	145
	50	200	180	195	185	185	170
	70	245	225	240	235	230	220
	95	295	280	285	285	270	265
	120	335	330	325	330	310	305
	150	380	380	365	370	345	345
	185	430	440	415	430	395	405
	240	490	530	480	510	460	475
	300	550	610	540	600	520	550

Tabelul 14.6 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8
ALUMINIU	25	110	91	105	96	—	—
	35	130	115	125	115	120	110
	50	155	140	150	140	140	135
	70	190	175	185	180	175	170
	95	230	220	220	220	210	205
	120	260	255	255	255	240	235
	150	295	295	285	290	270	270
	185	330	340	325	335	305	310
	240	380	410	375	400	360	370
	300	430	470	425	465	405	430

Tabelul 14.7

Coeficienţii de corecţie k_1 pentru rezistivitatea termică a solului la cabluri uzuale de energie cu izolaţie de hîrtie impregnată şi manta de plumb; $k_1 = A \cdot B$

Rezistivitatea termică [°C·cm/W]	70	100	120	150	200	250	300
Secţiunea nominală a conductorului [mm²]	Coeficientul A						
pînă la 25:	1,11	1	0,94	0,87	0,78	0,72	0,67
35— 95	1,13	1	0,93	0,86	0,76	0,70	0,64
120—240	1,14	1	0,93	0,85	0,76	0,69	0,63
300—400	1,15	1	0,92	0,85	0,75	0,68	0,63
Tipul şi tensiunea cablului	Coeficientul *B*						
Cabluri cu 3—4 conductoare pentru 0,6/1 kV	1	1	1	1	1	1	1
Cabluri trifazat pentru 3,5/6 şi 5,8/10 kV	0,98	1	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03
3 cabluri nearmate monofazate pentru 0,6/1 kV, 3,5/6 kV şi 5,8/10 kV pozate în linie sau în trefl㠠	1,01	1	1,00	0,98	0,97	0,97	0,97
Idem, 11,6/20 kV	1,00	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Cablu cu 3 mantale ecranat 12/20 kV	0,97	1	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05

Tabelul 14.8

Coeficienții de corecție k_1 pentru rezistivitatea termică a solului la cablurile uzuale de energie cu izolație și manta din *PVC*

Tensiunea U_0/U [kV]	Se aplică la:	Gama de secțiuni [mm²]	Rezistivitatea termică a solului [°C·cm/W]						
			70	100	120	150	200	250	300
0,6/1 3,5/6 5,8/10	Cabluri cu 3 sau 4 conductoare	Sub 25	1,11	1	0,94	0,87	0,78	0,72	0,67
		35... 95	1,13	1	0,93	0,86	0,76	0,70	0,64
		120...240	1,14	1	0,93	0,85	0,75	0,69	0,63
		300	1,15	1	0,92	0,85	0,75	0,68	0,63
0,6/1 3,5/6 5,8/10	Cabluri monofazate în sistem trifazat, câte 3 pozate în linie sau în treflă	Sub 25	1,12	1	0,94	0,85	0,76	0,70	0,65
		35... 95	1,14	1	0,93	0,84	0,74	0,68	0,62
		120...240	1,15	1	0,93	0,83	0,74	0,67	0,61
		300	1,16	1	0,92	0,83	0,73	0,66	0,61

Tabelul 14.9

Coeficienții de corecție k_2 pentru numărul de cabluri pozate în pământ la cablurile uzuale de energie cu izolație de hîrtie impregnată și manta de plumb

Modul de pozare	Numărul cablurilor							
	1	2	3	4	5	6	8	10
Cabluri cu mai multe conductoare pozate alăturat în pământ cu distanța liberă între ele de 7 cm	1	0,85	0,75	0,68	0,64	0,60	0,56	0,53
Cabluri cu mai multe conductoare pozate în țevi separate de oțel sau din alt material, așezate în linie	0,82	0,75	0,70	0,67	0,65	0,63	0,60	0,58
Sisteme trifazate de câte 3 cabluri monofazate, pozate în linie în pământ cu distanța liberă între cabluri de 7 cm	1	0,82	0,74	0,68	—	—	—	—
Idem, pozate în treflă cu distanța între sisteme de 25 cm	1	0,85	0,77	0,72	—	—	—	—

Tabelul 14.10

Coeficienții de corecție k_2 pentru numărul de cabluri pozate în pământ la cablurile uzuale de energie cu izolație și manta din *PVC*

Modul de pozare	Numărul cablurilor							
	1	2	3	4	5	6	8	10
Cabluri cu mai multe conductoare pozate în linie în pământ la 70 cm, cu distanța liberă între cabluri de 7 cm	1	0,85	0,75	0,68	0,64	0,60	0,56	0,53
Cabluri cu mai multe conductoare pozate în țevi separate de oțel sau din alt material, așezate în linie	0,82	0,74	0,70	0,67	0,65	0,63	0,60	0,58
Sisteme trifazate de câte 3 cabluri monofazate pozate în linie în pământ la adîncimea de 70 cm, cu distanța liberă între cabluri de 7 cm	1	0,82	0,74	0,68	—	—	—	—
Idem, pozate în trefla cu distanța între sisteme de 25 cm	1	0,85	0,77	0,72	—	—	—	—

Tabelul 14.11

Coeficienții de corecție k_3 pentru temperatura solului la cablurile uzuale de energie cu izolație de hîrtie impregnată și manta de plumb

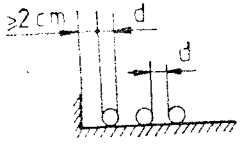
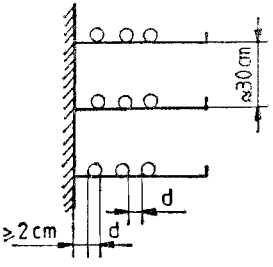
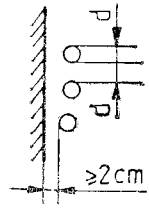
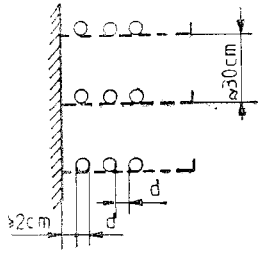
Tipul și tensiunea cablului	Temperatura solului [°C]					
	15	20	25	30	35	40
Cabluri cu mai multe conductoare pentru 0,6/1 și 3,5/6 kV	1,04	1	0,96	0,91	0,87	0,82
Cabluri trifazate pentru 5,8/10 kV	1	1	0,94	0,88	0,82	0,75
Cabluri cu 3 mantale sau cu ecran pentru 12/20 kV	1	1	0,94	0,88	0,82	0,75

Tabelul 14.12

Coeficienții de corecție k_3 pentru temperatura solului la cablurile uzuale de energie cu izolație și manta din *PVC*

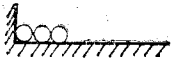
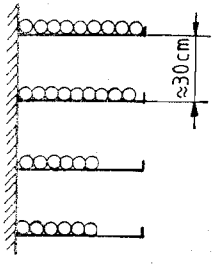
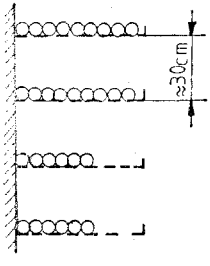
Tipul cablului	Temperatura solului [°C]						
	10	15	20	25	30	35	40
Cabluri pentru 0,6/1 kV și 3,5/6 kV	1,09	1,05	1	0,95	0,89	0,84	0,77
Cabluri pentru 5,8/10 kV	1,12	1,06	1	0,93	0,87	0,79	0,71

Coeficienții de corecție k_1' la pozarea în aer liber, pe pereți, grătare, paturi multe conductoare

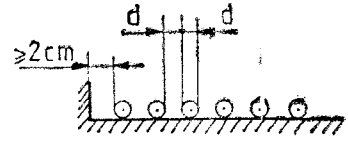
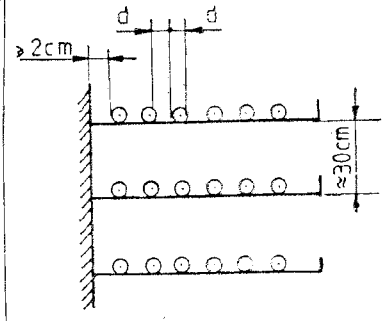
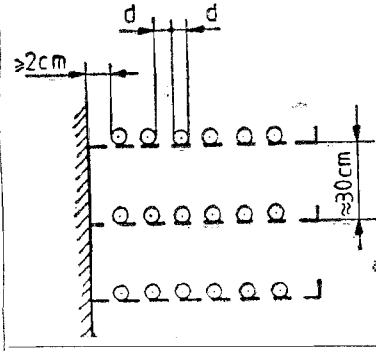
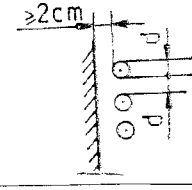
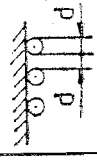
Modul de pozare a cablurilor	Figura	Distanța liberă dintre cabluri d_{cablu} Distanța față de perete ⩾ 2 cm				
		Numărul cablurilor				
		1	2	3	6	9
Cabluri pe pardoseală sau pe fundul unui canal. Pozare alăturată		0,95	0,90	0,88	0,85	0,84
Cabluri pe paturi (circulația aerului este împiedicată). Numărul de paturi:						
1		0,95	0,90	0,88	0,85	0,84
2		0,90	0,85	0,83	0,81	0,80
3		0,88	0,83	0,81	0,79	0,78
6		0,86	0,81	0,79	0,77	0,76
Cabluri pe stelaje sau pe perete. Pozarea unul sub altul		1	0,93	0,90	0,87	0,86
Cabluri pe stelaje Pozarea alăturată. Numărul de stelaje:						
1		1	0,98	0,96	0,93	0,92
2		1	0,95	0,93	0,90	0,89
3		1	0,94	0,92	0,89	0,88
6		1	0,93	0,90	0,87	0,86

Tabelul 14.13

sau stelaje, la temperatura de + 30 C. Cablurile în curent continuu şi cu mai în curent alternativ

Figura	Atingere de perete. Atingere reciprocă				
	Numărul cablurilor				
	1	2	3	6	9
	0,90	0,84	0,84	0,75	0,73
	0,95 0,95 0,95 0,95	0,84 0,80 0,78 0,76	0,80 0,76 0,74 0,72	0,75 0,71 0,70 0,68	0,73 0,69 0,68 0,66
	0,95	0,78	0,73	0,68	0,66
	0,95 0,95 0,95 0,95	0,84 0,80 0,78 0,76	0,80 0,76 0,74 0,72	0,75 0,71 0,70 0,68	0,73 0,69 0,68 0,66

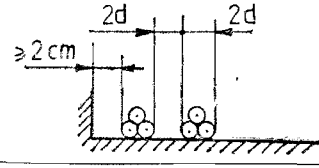
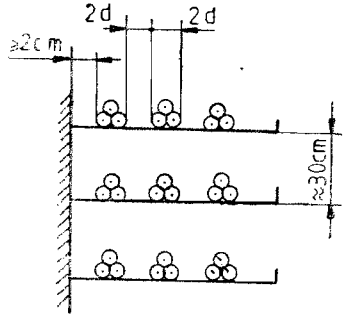
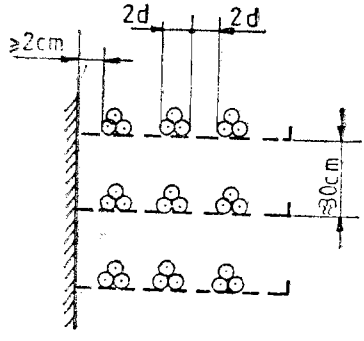
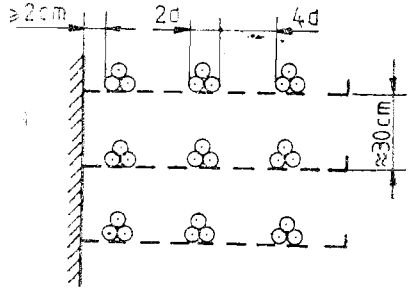
Coeficienții de corecție k_1' la pozarea în aer liber, pe pereți, grătare, paturi sau stelaje, la tempera

Modul de pozare a cablurilor	Distanța liberă dintre cabluri d_{cablu} Distanța față de perete ⩾ 2 cm			Figura
	Numărul sistemelor de cabluri			
	1	2	3	
Cabluri pe pardoseală sau pe fundul unui canal. Pozare alăturată	0,92	0,89	0,88	
Cabluri pe paturi (circulația aerului este întreruptă). Numărul de paturi:				
1	0,92	0,89	0,88	
2	0,87	0,84	0,83	
3	0,84	0,82	0,81	
6	0,82	0,80	0,79	
Cabluri pe stelaje. Numărul de stelaje:				
1	1,00	0,97	0,96	
2	0,97	0,94	0,93	
3	0,96	0,93	0,92	
6	0,94	0,91	0,90	
Cabluri pe stelaje sau pe perete, pozate unul sub altul	0,94	0,91	0,89	
	0,89	0,86	0,84	

Tabelul 14.14

tura de + 30 °C. Cablurile monofazate în sistem trifazat, pozate cîte trei în linie sau în trefilă

Distanța liberă dintre sisteme $2d_{cablu}$
Distanța față de perete ⩾ 2 cm

Numărul sistemelor de cabluri			Figura
1	2	3	
0,95	0,90	0,88	
0,95 0,90 0,88 0,86	0,90 0,85 0,83 0,81	0,88 0,83 0,81 0,79	
1 1 1 1	0,98 0,95 0,94 0,93	0,96 0,93 0,92 0,90	
1	1	1	

Tabelul 14.15

Coeficienții de corecție k_2' pentru temperatura mediului ambiant la cablurile uzuale de energie cu izolație de hîrtie impregnată, în manta de plumb, montate în aer

Tipul și tensiunea cablului	Temperatura mediului ambiant [°C]							
	25	30	35	40	45	50	55	60
Cabluri cu mai multe conductoare pentru 0,6/1 și 3,5/6 kV	1,05	1	0,95	0,89	0,84	0,78	0,71	0,63
Cabluri trifazate pentru 5,8/10 kV	1	1	0,93	0,85	0,76	0,65	0,53	0,38
Cabluri cu 3 mantale sau cu ecran pentru 12/20 kV	1	1	0,93	0,85	0,76	0,65	0,53	0,38

Tabelul 14.16

Coeficienții de corecție k_2' pentru temperatura mediului ambiant la cablurile uzuale de energie cu izolație și manta din *PVC*, montate în aer

Tipul cablului	Temperatura mediului ambiant [°C]										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Cablu pentru 0,6/1 kV și 3,5/6 kV	1,22	1,17	1,12	1,06	1	0,94	0,87	0,73	0,71	0,61	0,50
Cablu pentru 5,8/10 kV	1,29	1,22	1,15	1,08	1	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41	—

15. MANȘOANE ȘI CLEME DE LEGĂTURĂ ȘI DERIVAȚIE. CUTII DE DISTRIBUȚIE

15.1. Manșoane de legătură pentru cabluri de energie

Pentru cabluri cu tensiuni nominale 1 ... 35 kV cu izolație de hîrtie se folosesc manșoane de legătură clasice din fontă și plumb (STAS 2739-78) și manșoane din cauciuc.

Manșonul de fontă constituind armătura exterioară este destinat să protejeze mecanic și împotriva coroziunii locul de înnădire: manșonul de plumb, montat în interiorul manșonului de fontă realizează continuitatea mantalei de plumb sau aluminiu a cablurilor înnădite și etanșează cablul împotriva pătrunderii umezelii la conductoare și împotriva pierderii uleiului din izolație.

Pentru cabluri pînă la 1 kV cu izolație din hîrtie impregnată sau cu izolație din *PVC* se pot folosi manșoane de legătură din cauciuc sau din țeavă *PVC* cu capac și dopuri din polietilenă.

Pentru cabluri de înaltă și foarte înaltă tensiune cu izolație din hîrtie impregnată și cu presiune de ulei se folosesc carcase exterioare de protecție din rășini armate sau din materiale plastice adaptate la tipul de cablu respectiv.

15.1.1. Manșoane din fontă

Conform STAS 2739-78 se execută în *două tipuri:*
— pentru cabluri de 1; 6; 10 și 15 kV (fig. 15.1);
— pentru cabluri de 20; 30 și 35 kV (fig. 15.2).

Dimensiunile sînt conform tabelului 15.1.

Notarea se face indicînd literele ML urmate de diametrul găurii în mm și numărul standardului.

Exemplu: Manșon de fontă ML-70 STAS 2739-78. Materialul corpului manșonului este fontă FC 150 STAS 568-82.

Domeniile de utilizare ale manșoanelor de fontă sînt conform tabelelor 15.2; 15.3 și 15.4.

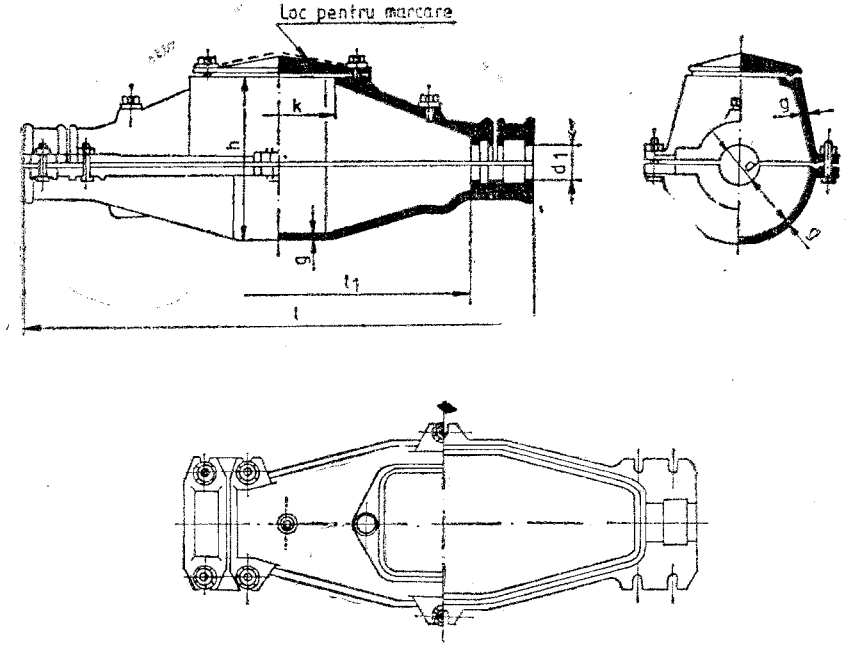


Fig. 15.1. Manşon de fontă pentru cabluri de 1; 6; 10 şi 15 kV.

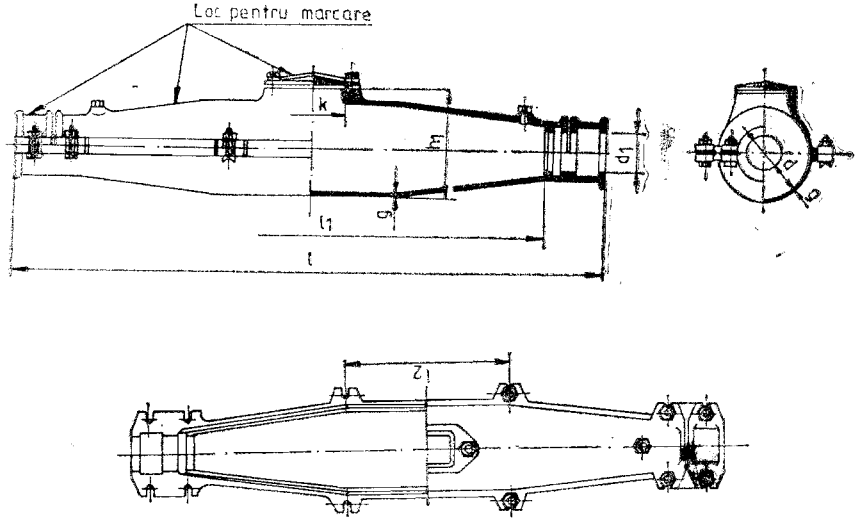


Fig. 15.2. Manşon de fontă pentru cabluri de 20; 30 şi 35 kV.

Tabelul 15.1

Dimensiunile manşoanelor de legătură din fontă [mm]

Mărimea manşonului de fontă	Figura	l	l_1	l_2	d	d_1	g	h; h_1	k
ML 55	V. fig. 15.1	520	400	—	125	55	5	159	95
ML 60		580	450	—	150	60	6	182	100
ML 70		670	510	—	180	70	6	212	150
ML 80		850	650	—	212	80	7	261	170
ML 85		1000	760	—	230	85	8	291	180
ML 95		1130	870	—	240	95	9	291	190
ML 105	V. fig. 15.2	1430	1160	385	190	105	9	249	200
ML 110		1600	1280	430	220	110	10	280	210

Tabelul 15.2

Domeniile de utilizare ale manşoanelor de fontă pentru cablurile de 1 ... 15 kV cu izolaţie din hîrtie

Mărimea manşonului de fontă	Tensiunea nominală a cablului			
	1 kV	6 kV	10 kV	15 kV
	Secţiunile cablurilor cu conductoare de cupru sau aluminiu			
ML55	Cel mult: 1 × 70 2 × 25 3 × 50 + 25	—	—	—
ML60	1 × 50 sau 2 × 35 ... 2 × 70 3 × 16 + 16 şi 3 × 25 + 16 Cel mult: 3 × 95 + 50	—	—	—
ML70	3 × 120 + 70 3 × 150 + 70	3 × 120	3 × 95 3 × 16 şi 3 × 25	—
ML80	3 × 185 + 95 şi 3 × 240 + 120	3 × 150 3 × 240	3 × 120 3 × 150 3 × 185	3 × 50
ML85	3 × 300 + 150 şi 3 × 400 + 240	3 × 300	3 × 240 3 × 300	3 × 70... 3 × 120
ML95	—	—	—	Peste 3 × 120

Tabelul 15.3

Domeniile de utilizare ale manşoanelor de fontă pentru cablurile de 1 ... 10 kV cu izolaţie din PVC[1]

Mărimea manşonului de fontă	Tensiunea nominală a cablului		
	1 kV	6 kV	10 kV
	Secţiunile cablurilor cu conductoare de cupru sau aluminiu		
ML55	3 × 16 + 16 şi 3 × 25 + 16 3 × 35 + 16...3 × 70 + 35	—	—
ML60	3 × 95 + 50 3 × 120 + 70	—	—
ML70	3 × 150 + 70 3 × 185 + 95	3 × 25; 1 × 240 3 × 50; 1 × 300	3 × 25 ... 3 × 70
ML80	3 × 240 + 120	3 × 120 3 × 150	3 × 35; 1 × 185 3 × 95 şi 3 × 120 1 × 300
ML85	3 × 300 + 150	3 × 240	3 × 150 3 × 185
ML95	—	3 × 300	3 × 240

[1] Se folosesc numai manşoanele de fontă, fără manşoane de plumb.

Tabelul 15.4

Domeniile de utilizare ale manşoanelor de fontă pentru cablurile cu tensiune nominală de 20 ... 35 kV

Mărimea manşonului de fontă	Tensiunea nominală a cablului			
	20 kV			30...35 kV
	Secţiunile cablurilor cu conductoare de cupru sau aluminiu construite cu:			Cabluri cu izolaţie din polietilenă
	1 manta	3 mantale	1+3 mantale	
ML105 ML110	3 × 25...3 × 120 3 × 150...3 × 300	3 × 25...3 × 120 3 × 150...3 × 240	3 × 25...3 × 120 3 × 150...3 × 240	3 × 25...3 × 50 3 × 70...3 × 240

15.1.2. Manşoane de plumb

Se execută în 3 tipuri:

— pentru cabluri de 1; 6; 10 şi 15 kV (fig. 15.3);

— pentru cabluri de 20; 30 şi 35 kV (fig. 15.4);

— pentru înnădirea unor cabluri de 20; 30 şi 35 kV cu o manta cu cabluri de aceeaşi tensiune cu 3 mantale (fig. 15.5).

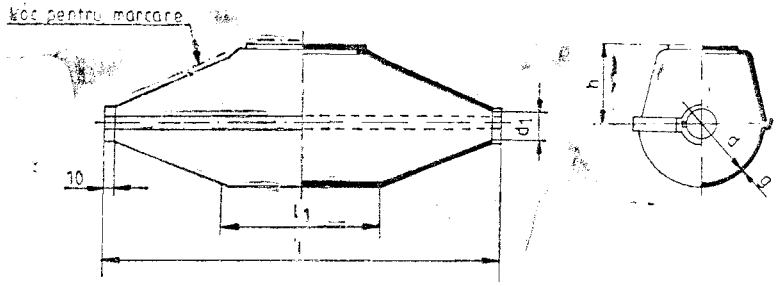


Fig. 15.3. Manşon de plumb pentru cabluri de 1; 6; 10 şi 15 kV.

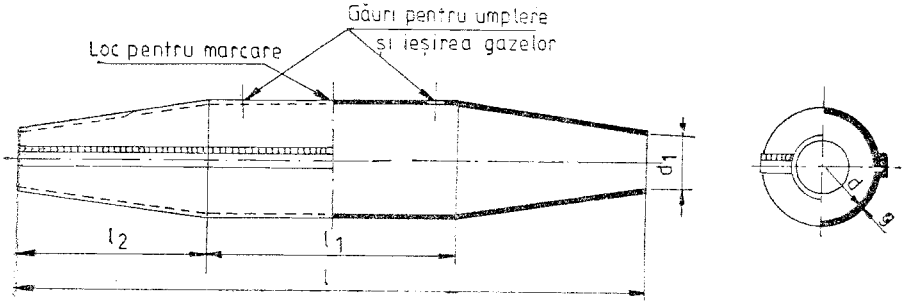


Fig. 15.4. Manşon de plumb pentru cabluri de 20; 30 şi 35 kV.

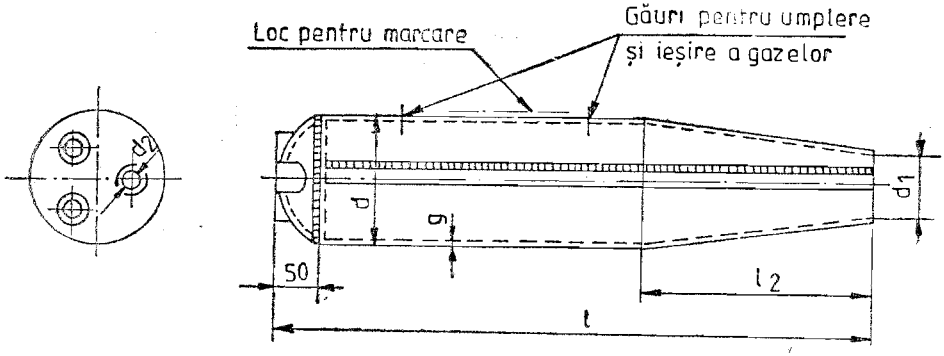


Fig. 15.5. Manşon de plumb pentru înnădirea unor cabluri de 20; 30 şi 35 kV cu o manta, cu cabluri de aceeaşi tensiune cu 3 mantale.

Dimensiunile sînt conform tabelelor 15.5 şi 15.6.

Tabelul 15.5

Dimensiunile manşoanelor de plumb pentru cablurile de 1; 6; 10 şi 15 kV [mm]*

Mărimea manşonului de plumb	l	l_1	d	d_1	g	h
MP55	260	120	75	12	2,0	45
MP70	430	170	130	30	2,5	82
MP80	560	220	160	45		98
MP85	650	300	170	50		105
MP95	760	390	180	55		115

* v. fig. 15.3.

Tabelul 15.6

Dimensiunile manşoanelor de plumb pentru cablurile de 20; 30 şi 35 kV [mm]

Mărimea manşonului de plumb	Figura	l	l_1	l_2	d	d_1	d_2	g
MP30—3	V. fig. 15.4	600	340	130	80	30	—	3,0
MP40—3		650	350	150	90	40	—	
MP65—1		800	300	250	100	65	—	
MP75—1		900	330	285	150	75	—	
MP80—1		1000	350	325	180	80	—	
MP65/25—1+3	V. fig. 15.5	700	—	250	100	65	25	3,0
MP75/30—1+3		750	—	285	150	75	30	
MP80/40—1+3		825	—	325	180	80	40	

Notarea se face indicînd literele MP, mărimea manşonului conform primelor coloane din tabelele 15.5 şi 15.6, şi numărul standardului.

Exemplu: Manşon de plumb MP-40-3 STAS 2739-78.

Material: tablă de plumb STAS 960-80.

Modul de folosire împreună a manşoanelor de fontă cu manşoanele de plumb este dat în tabelul 15.7.

Tabelul 15.7

Modul de folosire împreună a manşoanelor de fontă cu manşoanele de plumb

Mărimea manşonului de fontă	Mărimea manşonului de plumb conform figurilor:		
	15.3	15.4	15.5
ML55	MP55	—	—
ML60	MP55	—	—
ML70	MP70	—	—
ML80	MP80	—	—
ML85	MP85	—	—
ML95	MP95	—	—
ML105	—	MP30—3; MP40—3 MP65—1; MP75—1	MP65/25—1+3 MP75/30—1+3
ML110	—	MP40—3; MP75—1; MP80—1	MP80/40—1+3

15.1.3. Manşoane de legătură pentru cabluri cu ulei sub presiune

Se dau ca exemplu: un manşon de legătură normală pentru un cablu trifazat (fig. 15.6) şi un manşon de stopare pentru un cablu monofazat (fig. 15.7) de înaltă tensiune, cu ulei sub presiune.

În fig. 15.8 se arată schema unei linii subterane de înaltă tensiune cu cablu cu ulei sub presiune sau cu gaz (SF 6) pe un teren cu diferenţe de

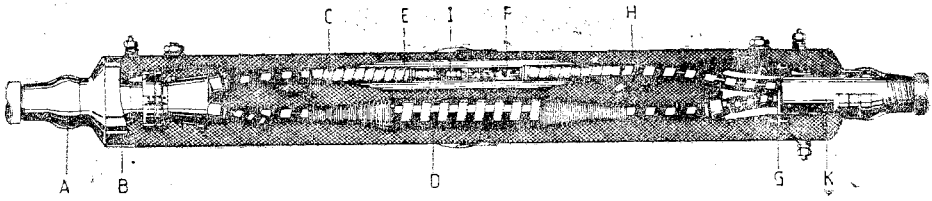


Fig. 15.6. Manşon de legătură normală pentru cablu tripolar cu ulei sub presiune: *A* — sudura manşonului la mantaua de plumb; *B* — manşon de cupru; *C* — izolaţia conductorului; *D* — ecran; *E* — învelişul izolant reconstituit; *F* — conductor de cupru; *G* — canal de ulei; *H* — ulei; *I* — clemă; *K* — mantaua de plumb a cablului.

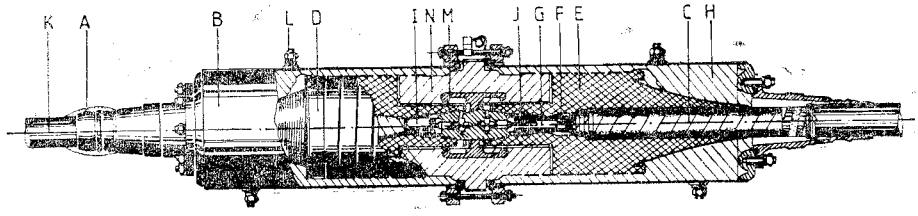


Fig. 15.7. Manşon de stopare pentru cablu monopolar cu ulei sub presiune: *A* — sudura manşonului cu mantaua de plumb; *B* — manşon de cupru; *C* — izolaţia conductorului; *D* — ecran; *E* — învelişul izolant reconstituit; *F* — conductor de cupru; G — canal de ulei; *H* — ulei; *I* — clemă; *J* — cilindru de oţel perforat longitudinal; *K* — mantaua de plumb a cablului; *L* — tub de racord la rezervorul exterior; *M* — manşon deflector de aluminiu; *N* — manşon de răşină sintetică.

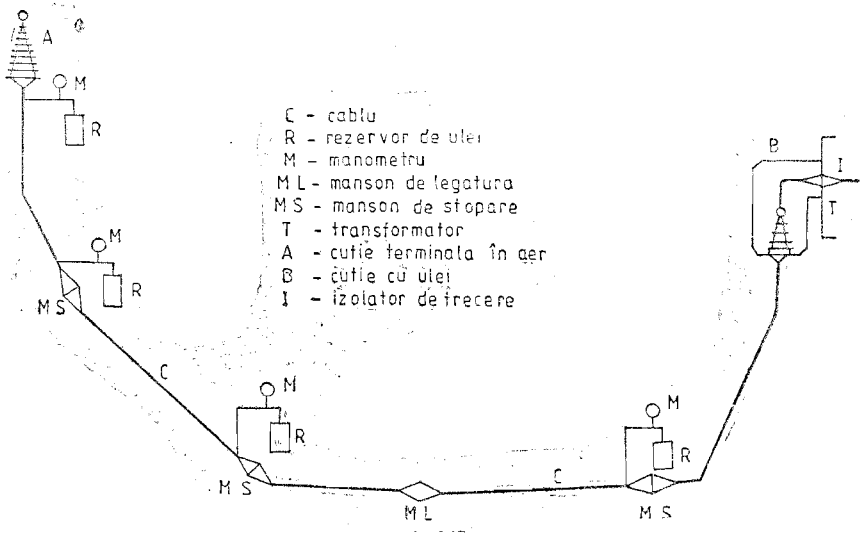


Fig. 15.8. Traseul cu denivelări al unui cablu cu ulei sub presiune.

nivel, schema comportînd manşoane de legătură normală, manşoane de stopare, rezervoare de ulei pentru compensaţie, cutie terminală în aer şi cutie terminală racordată la un transformator.

15.1.4. Manşoane de derivaţie

Se folosesc numai pentru cabluri cu tensiunea pînă la 1 kV şi secţiuni pînă la 240 mm²; sînt de *două tipuri:*

1) *Manşoane de derivaţie tip branşament* cu ajutorul cărora un cablu se poate lega în derivaţie la un cablu principal (întreg), simbol MD (fig. 15.9 şi tabelul 15.8).

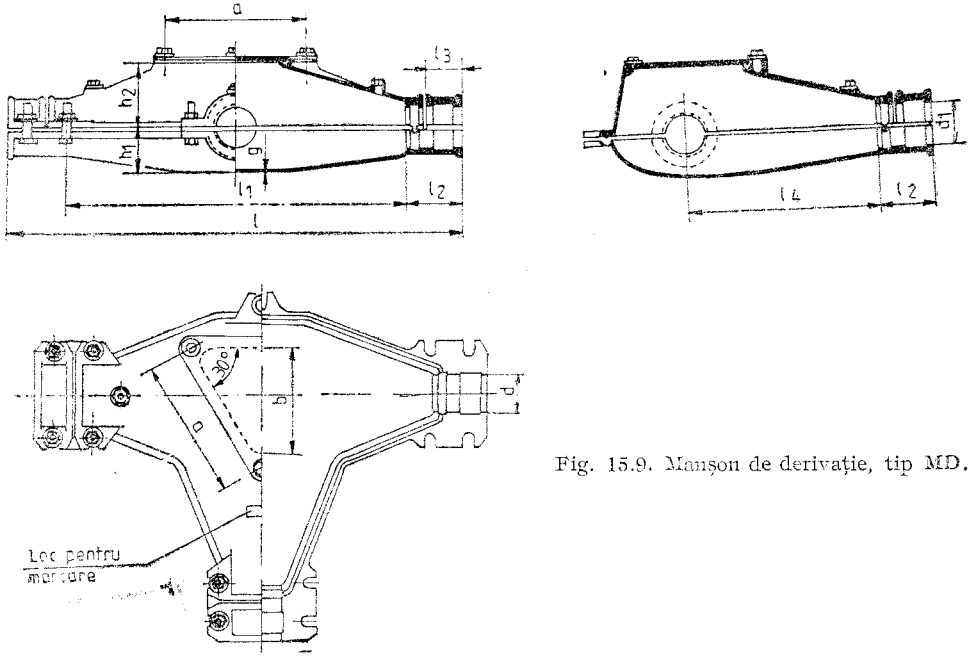


Fig. 15.9. Manşon de derivaţie, tip MD.

Tabelul 15.8

Dimensiunile manşoanelor de derivaţie tip MD [mm]

Simbolul manşonului de derivaţie	Secţiunea nominală a conductorului [mm²]	l	l_1	l_2	l_3	l_4	d	d_1	h_1	h_2	g_{min}	a	b
MD50/40	16	520	400	60	40	225	50	40	50	75	4	160	124
MD60/50	25...35	580	435	72,5	49	243	60	50	56	82	5	180	140
MD75/65	50...95	700	530	85	59	297	75	65	70	102	6	220	160
MD85/75	120...185	820	620	100	72	320	85	75	75	110	6	260	190
MD90/80	240	890	650	120	80	335	90	80	78	116	7	280	216

2) *Manşoane de legătură cu derivaţie*, cu ajutorul cărora, în locul de înnădire a două cabluri principale se leagă şi un cablu în derivaţie, simbol MLD (fig. 15.10 şi tabelul 15.9).

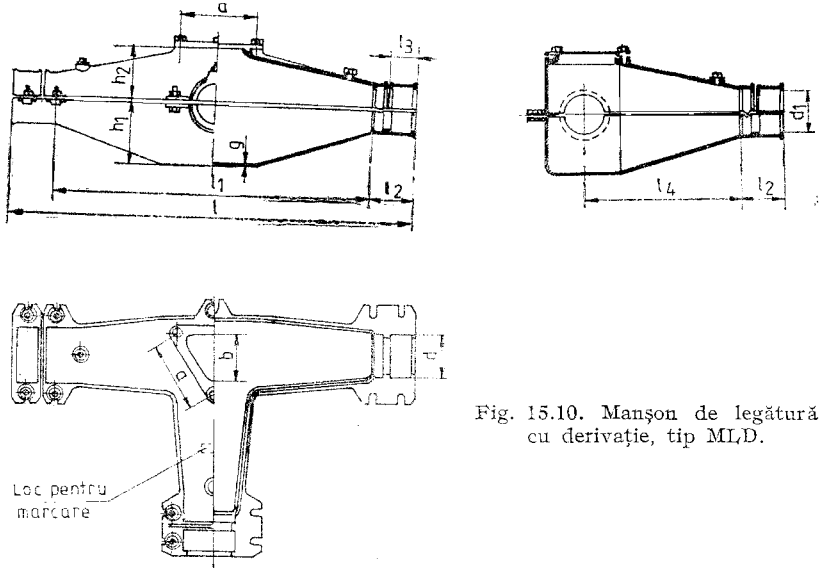


Fig. 15.10. Manşon de legătură cu derivaţie, tip MLD.

Tabelul 15.9

Dimensiunile manşoanelor de legătură cu derivaţie tip MLD [mm]

Simbolul manşonului de legătură cu derivaţie	Secţiunea nominală a conductorului [mm²]	l	l_1	l_2	l_3	l_4	d	d_1	h_1	h_2	g_{min}	a	b
MLD60/50	16...35	650	504	73	45	252	60	50	105	93	6	140	94
MLD70/60	50...95	750	575	87,5	55	285	70	60	120	103	6	145	108
MLD80/70	120...150	820	640	90	60	320	80	70	130	117	7	150	117
MLD90/80	180...240	925	720	102,5	70	360	90	80	145	128	8	170	128

15.2. Cutii de distribuţie subterane

Se folosesc în reţele electrice de distribuţie subterane de joasă tensiune pentru cabluri cu secţiunea pînă la 240 mm² şi se echipează cu aparataj electric pentru curenţi pînă la 400 A.

Se echipează cu bare colectoare, cu siguranţe cu mare putere de rupere şi cu piese de contact tip furcă, sau cu întreruptoare automate.

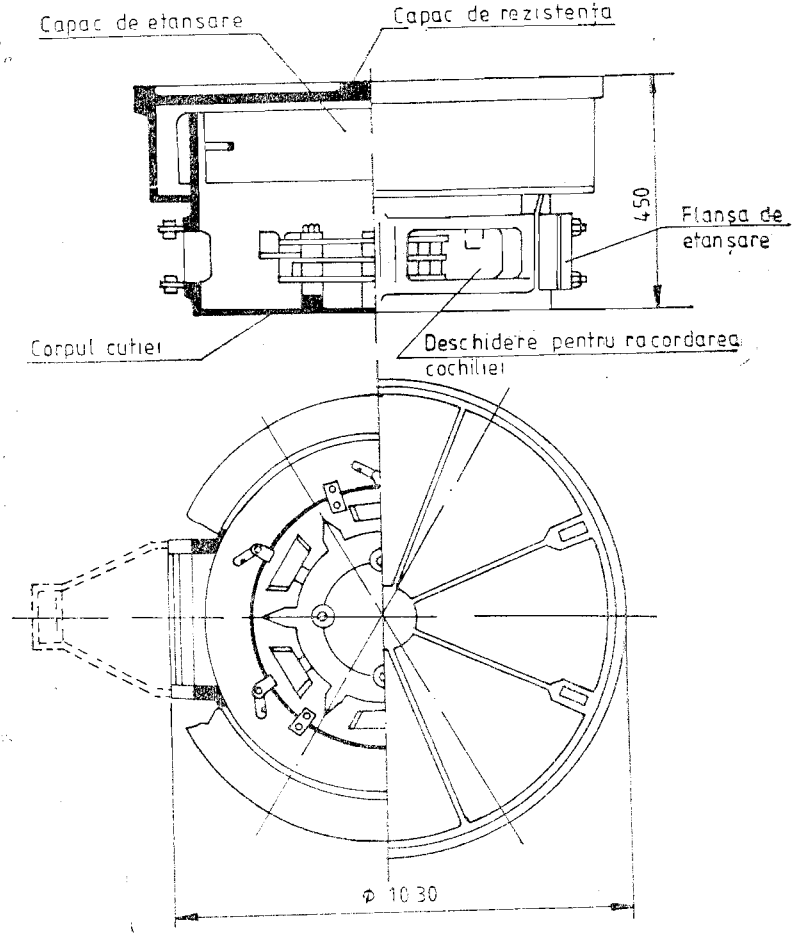


Fig. 15.11. Cutie de distribuție subterană.

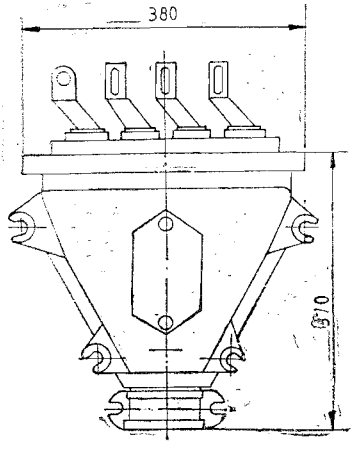


Fig. 15.12. Cochilie dreaptă.

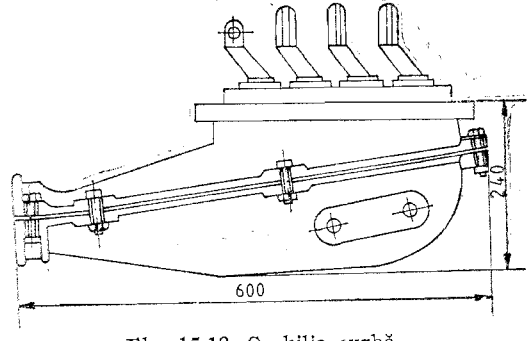


Fig. 15.13. Cochilie curbă.

Cutiile de distribuție subterane sînt protejate printr-un capac de rezistență mecanică din fontă turnată și un capac de etanșare din tablă. Suprafața capacului de rezistență trebuie să permită acoperirea cu un strat de asfalt de minimum 2 cm.

Cutiile de distribuție pot fi cu 6 sau cu 8 direcții. Racordarea cablurilor la cutie se face prin cochilii (cutii terminale), care sînt de două tipuri: *drepte* (fig. 15.12) sau *curbe* (fig. 15.13).

15.3. Cleme de legătură

Se folosesc pentru îmbinarea prin lipire a conductoarelor de cupru și de aluminiu ale cablurilor subterane.

Clemele sînt din alamă sau bronz și se cositoresc cu aliaj de lipit Lp 60 STAS 96-66 prin cufundare sau electrochimic.

Montarea clemelor pe conductor se face prin lipire cu aliaj din cositor, după ce, în prealabil, la conductoarele de aluminiu firele au fost metalizate cu același aliaj.

15.3.1. Cleme de legătură CLP

Acestea se fabrică în *două variante:*
— normale — simbol CLPN (fig. 15.14 și tabelul 15.10);
— lungi — simbol CLPL (fig. 15.15 și tabelul 15.11).

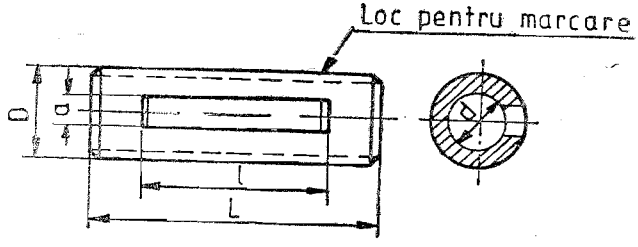


Fig. 15.14. Clemă de legătură în prelungire normală (simbol CLPN).

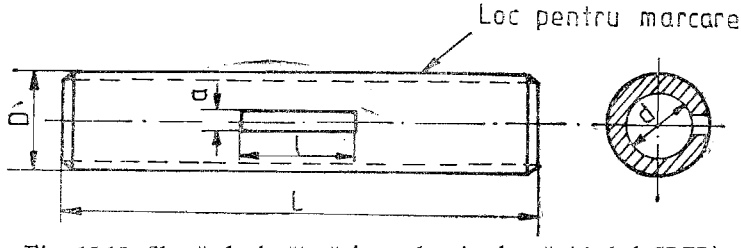


Fig. 15.15. Clemă de legătură în prelungire lungă (simbol CLPL).

Tabelul 15.10

Dimensiunile și modul de utilizare a clemelor CLPN

Diametrul nominal al conductorului [mm]	Dimensiunile de execuție [mm]					Se folosește pentru conductoare de:		Masa teoretică [g/buc.]
	d	*D*	*L*	*l*	*a*	Cu [mm²]	Al metalizat [mm²]	
2,73	3	5	40	25	3	10	—	4,24
3,52	5	7				16	10	6,40
5,04	7	9	50	30	4	25	16	10,65
6,35	8	10				35	25	12,00
7,47	9	12				50	35	21,05
9,05	11	14	80	40	5	70	50	30,06
10,70	13	16				95	70	34,86
12,45	15	18				120	95	39,66
14,07	16	20	80	50	6	150	120	76,96
15,68	18	22				185	150	85,44
17,43	20	25				240	185	120,16
19,89	22	28	90	60	6	300	240	180,18
22,23	24	30				400	300	194,67
25,65	29	35	100	70	6	500	400	256,30
28,71	32	38				—	500	280,40

Tabelul 15.11

Dimensiunile și modul de utilizare a clemelor CLPL

Diametrul nominal al conductorului [mm]	Dimensiunile de execuție [mm]					Se folosește pentru conductoare de:		Masa teoretică [g/buc.]
	d	*D*	*L*	*l*	*a*	Cu [mm²]	Al metalizat [mm²]	
5,04	7	9	95	30	4	25	16	20,23
6,33	8	10	110	30	4	35	25	26,40
7,47	9	12				50	35	46,31
9,05	11	14	130	40	5	70	50	65,13
10,70	13	16				95	70	75,53
12,45	15	18	150	50	5	120	95	99,15
14,07	16	20				150	120	144,30
15,68	18	22	170	50	6	185	150	181,56
17,43	20	28				240	185	255,34
19,89	22	28	190	60	6	300	240	380,38
22,23	24	30				400	300	410,97
25,65	29	35	200	70	6	500	400	512,60
28,71	32	38				—	500	560,08

Se execută din alamă Am 60 1/2 t sau Am 63 1/2 t, STAS 95-80 și STAS 521-80.

Se cositoresc la cald.

Clemele de legătură lungi CLPL se folosesc pentru legarea conductoarelor scurtate din cauza avarierii cablurilor.

15.3.2. Cleme de legătură cu reducere CLR

Acestea se execută din același material ca și clemele CLP (fig. 15.16 și tabelul 15.12).

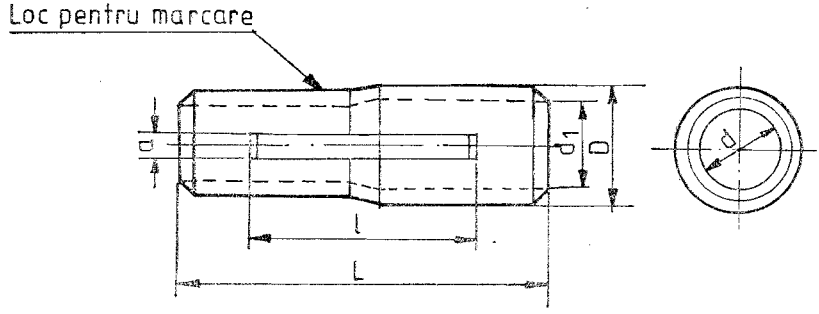


Fig. 15.16. Clemă de legătură cu reducere (simbol CLR).

15.3.3. Mufe îmbunătățite tip MPTAm

Acestea se execută din țeavă de aluminiu pentru presare pe conductoare de aluminiu multifilare (fig. 15.17 și tabelul 15.13).

Producători: ICMP-București și URTAE-Roman, conform NTR 103-82.

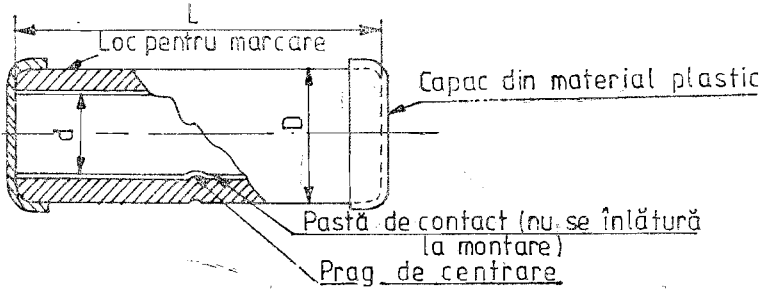


Fig. 15.17. Mufă îmbunătățită tip MPTAm.

Tabelul 15.12

Dimensiunile şi modul de utilizare a clemelor CLR

Diametrul nominal al conductorului de Cu sau Al [mm]	Dimensiunile de execuţie [mm]						Se foloseşte pentru conductoare de:		Masa teoretică [g/buc]
	d	d_1	D	L	l	a	Cu [mm²]	Al metalizat [mm²]	
3,52/2,73	3	5	8	50	25	3	16/10	—	13,00
5,04/2,73		7	10				25/10	—	17,00
5,04/3,52	5						25/16	16/10	
6,33/3,52		8	13				36/16	25/10	40,05
6,33/5,04	7				30	4	35/25	25/16	
7,47/5,04		9	15				50/25	35/16	46,55
7,47/6,33	8						50/35	35/25	
9,05/6,33		11	18	60	40	5	70/35	50/25	72,12
9,05/7,47	9						70/50	50/35	
10,70/7,47		13	20				95/50	70/35	81,66
10,70/9,05	11						95/70	70/50	
12,45/9,05		15	22				120/70	95/50	91,32
12,45/10,70	13						120/95	95/70	
14,07/10,70		16	24	80	50	6	150/95	120/70	134,56
14,07/12,45	15						150/120	120/95	
15,68/12,45		18	26				185/120	150/95	147,36
15,68/14,07	16						185/150	150/120	
17,43/14,07		20	28				240/150	185/120	160,16
17,43/15,68	18						240/185	185/150	
19,89/15,68		22	32	100	60		300/185	240/150	200,20
19,89/17,43	20						300/240	240/185	
22,23/17,43		24	35				400/240	300/185	256,30
22,23/19,89	22						400/300	300/240	
25,65/19,89		29	38	120	70		500/300	400/240	336,48
26,65/22,23	24						500/400	400/300	
27,81/22,23		32					—	500/300	
28,71/25,65	29						—	500/400	

Tabelul 15.13

Dimensiunile muflelor îmbunătățite tip MPTAm [mm]

Dimensiunile conductorului		D	d	L	Masa [kg]
Secțiunea [mm²]	Diametrul [mm]				
16	5,1	10	5,3	42	0,006
25	6,4	12	6,6	46	0,009
35	7,6	14	8,1	50	0,013
50	8,9	16	9,1	62	0,018
70	10,7	18	11,1	73	0,024
95	12,6	20	12,9	85	0,040
120	14,2	22	14,5	92	0,050
150	15,7	25	16,2	98	0,070
185	17,6	28	18,1	110	0,110
240	20,2	32	21,1	120	0,160

15.4. Cleme de derivație

15.4.1. Cleme de derivație CLD

Acestea se execută din bronz de aluminiu turnat BzA19T STAS 198-80 și se cositoresc la cald (fig. 15.18 și tabelul 15.14).

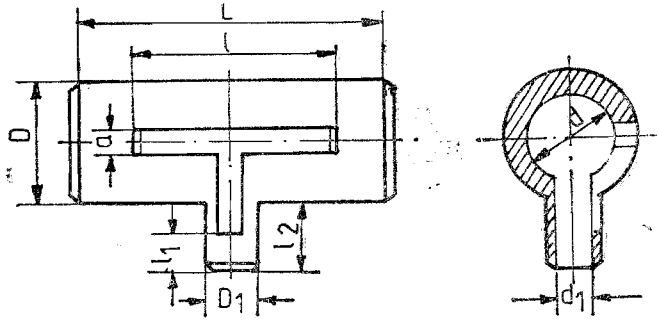


Fig. 15.18. Clemă de derivație tip CLD.

Se folosesc pentru derivație acolo unde conductoarele principale sînt tăiate.

Tabelul 15.14

Dimensiunile elemelor de derivație CLD [mm]

Secțiunea conductorului [mm²]		L	l	D	d	D_1	d_1	a	l_1	l_2	Masa teoretică [g/buc]
Principal	De derivație										
16	10	50	30	13	8	7	5	4	10	25	22,8
25	10—16	50	30	13	9	10	7	4	10	35	41,0
35	10—16—25	60	40	15	11	12	8	5	10	30	45,6
50	10—16—25	60	40	15	11	18	11	5	10	35	53,6
50	35	60	40	18	13	18	11	5	10	35	76,0
70	10—16—25	60	40	18	13	12	8	5	10	30	91,0
70	35—50	60	40	20	15	18	11	5	10	35	114,0
95	10—16—25	60	40	20	15	12	8	5	15	30	122,0
95	35—50	60	40	20	15	18	11	5	15	35	131,4
95	70	80	50	24	16	23	15	6	15	40	136,8
120	10—16—25	80	50	24	16	12	8	6	15	30	145,4
120	35—50	80	50	24	16	18	11	6	15	35	196,0
120	70—95	80	50	30	18	23	15	6	15	40	273,6
150	10—16—25	80	50	30	18	12	8	6	15	30	314,0
150	35—50	80	50	30	18	18	11	6	15	35	363,0
150	70—95	80	50	30	18	23	15	6	15	40	425,6
150	120	80	50	32	20	30	20	6	15	40	430,3
185	10—16—25	80	50	32	20	12	8	6	15	30	440,2
185	35—50	80	50	32	20	18	11	6	15	35	450,8
185	70—95	80	50	32	20	23	15	6	15	40	467,2
185	120—150	90	60	32	20	30	20	6	15	40	486,4
240	10—16—25	90	60	35	22	12	8	6	20	30	559,9
240	35—50	90	60	35	22	18	11	6	20	35	580,6
240	70—95	90	60	35	22	23	15	6	20	40	620,2
240	120—150	90	60	35	22	30	20	6	20	40	653,6

15.4.2. Cleme de derivație demontabile cu (gheară) CTD

Acestea se folosesc acolo unde conductorul principal nu se taie (fig. 15.19 și tabelul 15.15).

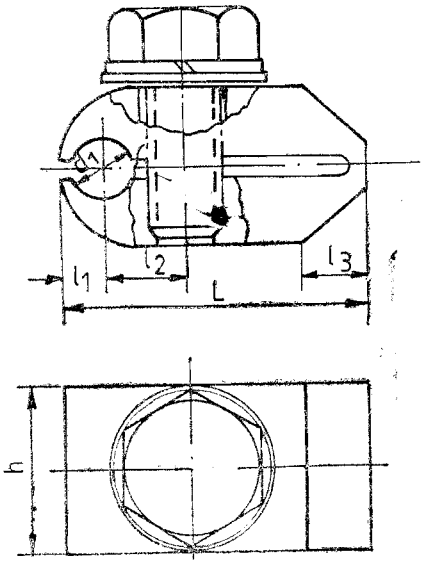


Fig. 15.19. Clemă de derivație demontabilă tip CTD (cu gheară).

Tabelul 15.15

Dimensiunile clemelor de derivație demontabile (cu gheară) CTD [mm]

Simbolul	Secțiunea conducorului [mm²]	L	l_1	l_2	l_3	h	d_1	Șurubul	Masa [g/buc]
CTD 6 Cu Al	6	23	3	6	6	14	3	M 6×20	38
CTD 10 Cu Al	10	26,5	3,5	7	6	14	3,9	M 6×20	40
CTD 16 Cu Al	16	29	4	9	6,5	18	5	M 8×25	70
CTD 25 Cu Al	25	32	4	9	6,5	18	6,2	M 8×25	78
CTD 35 Al	35	38	6	11	7	22	7,4	M 10×30	127
CTD 50 Al	50	41,5	6,5	11,5	8	22	8,6	M 10×30	139
CTD 70 Al	70	45,5	7,5	12	8	26	10,4	M 10×30	185
CTD 95 Al	95	50	8,5	13,5	8,5	28	12,1	M 10×30	235
CTD 120 Al	120	54	9,5	14,5	9	30	13,6	M 10×35	286
CTD 150 Al	150	57	10,5	16,5	9	32	15,2	M 10×35	327
CTD 185 Al	185	62	11,4	17,5	10,5	35	17	M 12×40	442
CTD 240 Al	240	65	13,4	17,5	10,5	36	20	M 12×40	548

15.4.3. **Cleme de derivaţie prin lipire cu legătură demontabilă** (fig. 15.20 şi tabelul 15.16)

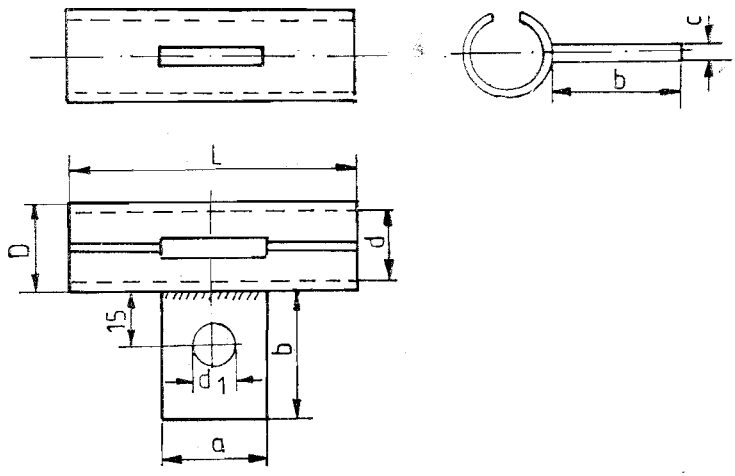


Fig. 15.20. Clemă de derivaţie prin lipire cu legătură demontabilă.

Tabelul 15.16

Dimensiunile clemelor de derivaţie prin lipire cu legătură demontabilă [mm]

Secţiunea conductorului [mm²]	D	d	L	a	b	c	d_1
25	10	8	50	30	30	5	10,5
35	12	9	50	30	32	5	10,5
50	14	11	60	30	32	5	10,5
70	16	13	60	30	32	5	10,5
95	18	15	60	30	35	5	10,5
120	20	16	80	30	35	5	10,5
150	22	18	80	30	35	5	10,5
185	25	20	80	30	35	5	10,5
240	28	22	100	30	40	5	13,0

15.4.4. **Mufă de derivaţie cu strîngere prin şurub MDStA** (fig. 15.21 şi tabelul 15.17)

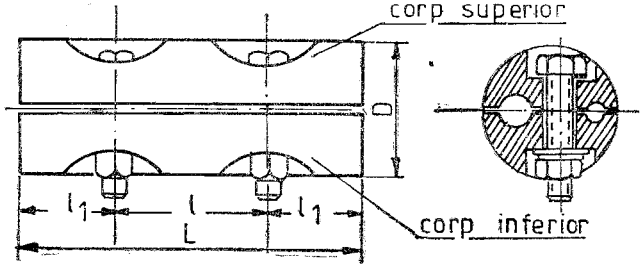


Fig. 15.21. Mufă de derivaţie tip MDStA: *M* — mufă; *D* — derivaţie; *S* — strîngere prin şurub; *t* — turnată; *A* — aluminiu.

Tabelul 15.17

Dimensiunile mufelor de derivaţie MDStA [mm]

Simbolul mufei	L	l	l_1	D	Masa [g/buc]
35 RU(25 RM)/6(4) RU	50	20	15	30	194
35 RU(25 RM)/10 RU	50	20	15	30	194
50 RU(35 RM)/6(4) RU	50	20	15	30	194
50 SRU(35 RM)/10 RU	50	20	15	30	194
50 SRU(35 RM)/25(16) RU	60	24	18	35	229
70 SRU(50 SRM)/10(6) RU	60	24	18	35	229
70 SRU(50 SRM)/25(16) RU	60	24	18	35	229
70 SRU(50 SRM)/50 SRU(35 RM)	70	30	20	35	259
70 SRU/50 SRM	70	30	20	35	259
95 SRU(70 SRM)/10(6) RU	70	30	20	35	259
95 SRU(70 SRM)/25(16) RU	70	30	20	35	259
95 SRU(70 SRM)/35 RU(25 RM)	70	30	20	35	259
95 SRU (70 SRM)/50 SRU(35 RM)	80	34	23	45	315
95 SRU(70 SRM)/70 SRU(50 SRM)	80	34	23	45	315
120 SRU(95 SRM)/25(16) RU	80	34	23	45	315
120 SRU(95 SRM)/35 RU(25 RM)	80	34	23	45	315
120 SRU(95 SRM)/50 SRU(35 RM)	80	34	23	45	315
120 SRU(95 SRM)/70 SRU(50 SRM)	80	34	23	45	315
150 SRU(120 SRM)/25(16) RU	90	40	25	50	335
150 SRU(120 SRM)/35 RU(25 RM)	90	40	25	50	335
150 SRU(120 SRM)/50 SRU(35 RM)	90	40	25	50	335
150 SRU(120 SRM)/70 SRU(50 RM)	90	40	25	50	335
150 SRM/25(16) RU	90	40	25	50	335
150 SRM/35 RU(25 RM)	90	40	25	50	335
150 SRM/50 SRU(35 RM)	90	40	25	50	335
150 SRM/70 SRU(50 SRM)	90	40	25	50	335

RU — conductor rotund unifilar;
RM — conductor rotund multifilar;
SRU — conductor sector rotunjit unifilar;
SRM — conductor sector rotunjit multifilar;
Cifra indică secţiunea conductorului.
Cifrele de la numărătorul fracţiei reprezintă simbolul conductorului cablului principal ar cele de la numitor simbolul conductorului cablului de derivaţie.
Cifrele din paranteză reprezintă variante.

Se întrebuinţează pentru legătura conductoarelor de aluminiu şi sînt produse de URTAE-Roman.

16. CUTII TERMINALE. PAPUCI

16.1. Cutii terminale de interior și exterior pentru cabluri de energie

Cutiile terminale asigură protecția cablurilor împotriva pătrunderii umezelii și a substanțelor cu acțiune nocive și prin ele se face legătura cu instalațiile electrice din stații sau cu liniile aeriene.

Pentru joasă și medie tensiune se pot folosi atît cutii terminale de tip clasic, cît și, din ce în ce mai mult în ultimul timp, capete terminale de tip uscat, fără cutii terminale și fără masă izolantă. Avînd însă în vedere răspîndirea în instalațiile existente a vechilor tipuri de cutii, sînt descrise și acestea în cele ce urmează. Pentru înaltă și foarte înaltă tensiune se menține folosirea de cutii terminale metalice cu izolatoare din porțelan.

16.1.1. Cutii terminale tronconice de interior, din fontă, pentru cabluri pînă la 10 kV (STAS 2876-78)

Sînt destinate utilizării în încăperi cu umezeală, praf sau atmosferă corosivă pentru legarea, izolarea și protejarea capetelor cablurilor armate sau nearmate pînă la 10 kV cu 1—4 conductoare, cu izolație de hîrtie impregnată în ulei.

Corpurile cutiilor terminale se execută în *2 mărimi* și capacele în *7 mărimi*.

Tabelul 16.1

Dimensiunile cutiilor terminale tronconice de interior din fontă (STAS 2876-78), [mm]

Mărimea	l	d_1	g	i	k	p	n	D	a
CTTI—300	300	60	98	16	80	140	112	160	225
CTTI—350	350	68	113	18	100	155	127	180	265

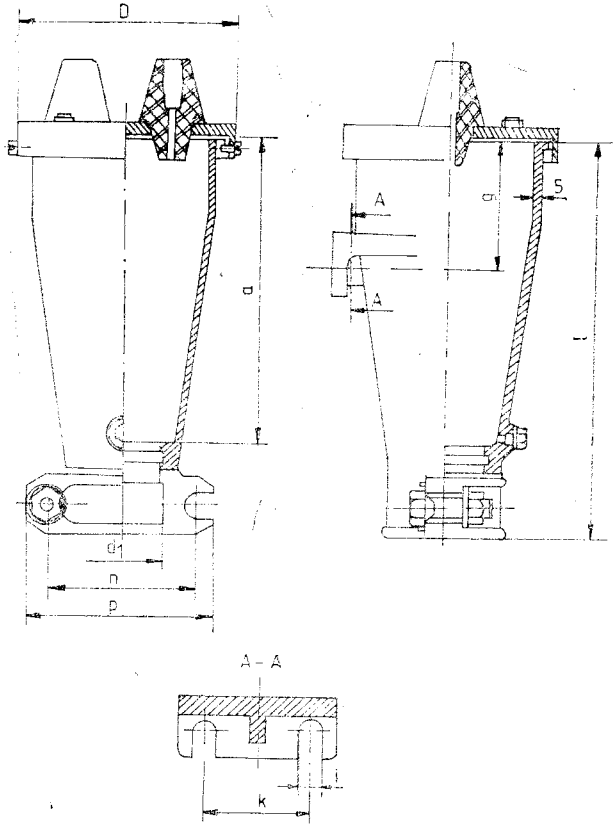


Fig. 16.1. Cutie terminală tronconică de interior.

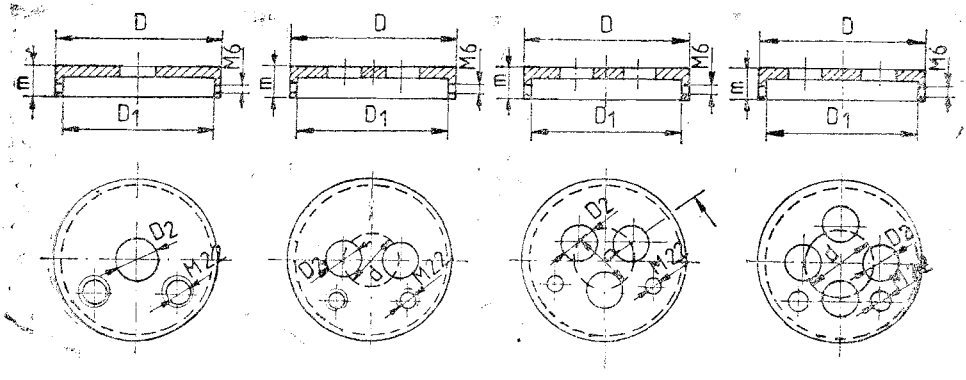


Fig. 16.2. Capace pentru cutii terminale tronconice de interior.

Tabelul 16.2

Dimensiunile capacelor cutiilor terminale tronconice de interior din fontă [mm]

Simbolul	D	D_1	m	d	D_3
CTTI 300—1	160	148	30	—	55
CTTI 300—2 CTTI 300—3 CTTI 300—4				56 60 70	34
CTTI 350—2 CTTI 350—3	180	168	32	70 75	45
CTTI 350—4				80	34

Corpul şi capacul cutiei terminale se execută din fontă, iar suprafaţa exterioară se protejează prin gudronare.

Mărimea cutiei terminale pentru cabluri cu conductoare de cupru sau aluminiu se alege în funcţie de tensiunea nominală a cablului, de secţiunea nominală a conductoarelor şi de numărul de conductoare, conform datelor din tabelul 16.3.

Tabelul 16.3

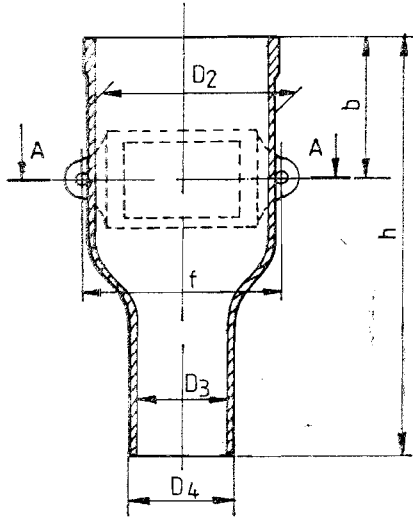
Alegerea mărimilor cutiilor terminale tip ICCI

Secţiunea nominală a cablului [mm²]	Numărul de conductoare din cablu									
	1 conductor	2 conductoare				3 conductoare				4 conductoare
	Tensiunea nominală a cablului [kV]									
	1	1	3	6	10	1	3	6	10	1
10	—	—	—	—	300	—	—	300	300	—
16	—	—	—	—	300	—	—	300	300	300
25	—	—	—	—	300	—	—	300	300	300
35	—	—	—	300	300	—	—	300	300	300
50	—	—	300	300	300	—	300	300	350	300
70	—	—	300	300	350	300	300	350	350	350
95	—	300	300	350	350	300	300	350	350	350
120	—	300	300	350	350	300	350	350	350	350
150	—	300	350	350	—	350	350	350	—	350
185	—	350	350	—	—	350	—	—	—	—
240	300	350	350	—	—	—	—	—	—	—
300	300	—	—	—	—	—	—	—	—	—
400	300	—	—	—	—	—	—	—	—	—

16.1.2. Cutii terminale cilindrice de interior pentru cabluri armate pînă la 1 kV

Se utilizează pentru legarea, protejarea și izolarea cablurilor armate, cu izolație de hîrtie impregnată sau cu izolație din *PVC*, cu 1—4 conductoare de cupru sau de aluminiu.

Se execută în *4 mărimi* (fig. 16.3 și tabelul 16.4).



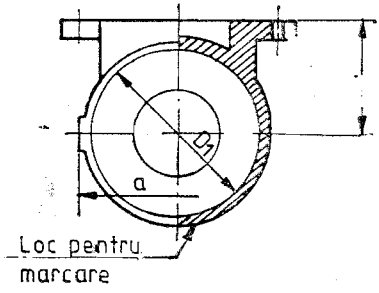


Fig. 16.3. Cutie terminală cilindrică de interior pentru cabluri armate pînă la 1 kV.

Tabelul 16.4

Dimensiunile cutiilor terminale cilindrice de interior, în mm, ale cablurilor pînă la 1 kV

Mărimea cutiei	D_1	D_2	D_3	D_4	a	b	f	h	i
I	68	76	26	34	78	60	90	180	51
II	76	84	38	46	88	60	100	210	56
III	90	100	50	60	102	80	110	250	65
IV	110	120	62	72	122	100	130	300	77

Acest tip de cutie terminală este mai puțin răspîndit în ultimul timp, fiind înlocuit de capete terminale de tip uscat.

16.1.3. Cutii terminale de exterior pentru montaj la stîlpi

Se folosesc în instalații pînă la 1 kV pentru legarea unui cablu cu o linie aeriană.

Sînt de două tipuri:

1) *Pentru cabluri cu două conductoare,* cu secțiuni pînă la 25 mm², simbol CTeS—25 (fig. 16.4).

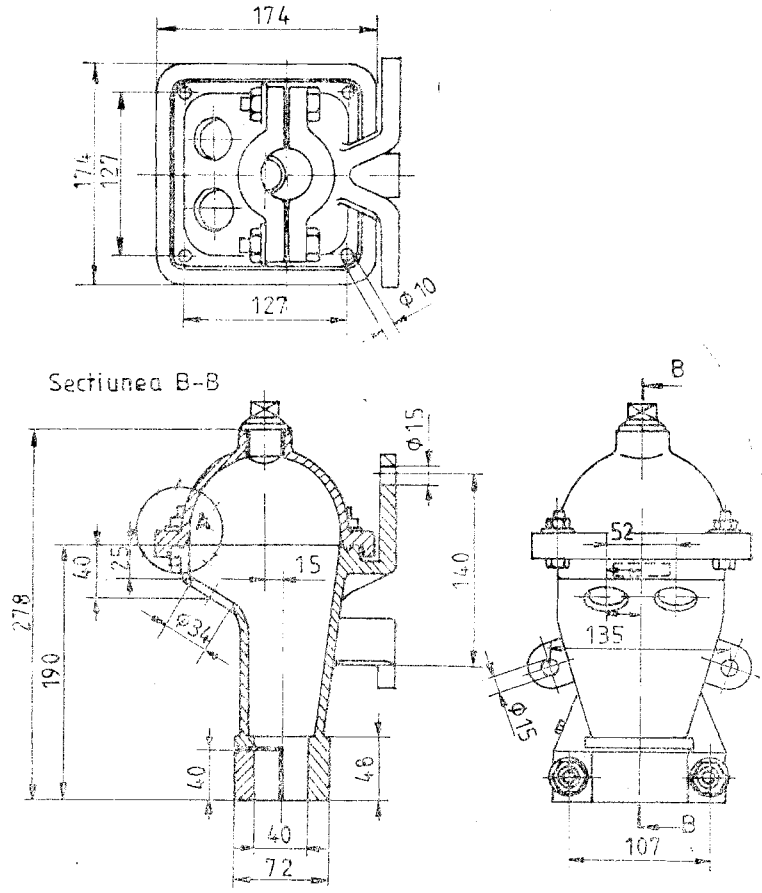


Fig. 16.4. Cutie terminală de exterior pentru montaj pe stîlpi pentru cabluri cu două conductoare.

2) *Pentru cabluri cu 4 conductoare,* cu secțiuni pînă la 3 × 185 + 95 mm², în 3 *mărimi,* cu simbol CTeS1, CTeS2 și CTeS3 (fig. 16.5 și tabelul 16.5).

Corpul cutiei terminale se execută din fontă cenușie, STAS 568—82.

Tabelul 16.5

Dimensiunile cutiilor terminale de exterior ale cablurilor armate cu 4 conductoare, pentru montaj pe stîlpi [mm]

Simbolul cutiei teminale	Secțiunea nominală a conductorului din cablu [mm²]	H	h	h_1	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	d	d_1	a	b
CTe S 1	16... 50	305	205	45	210	270	160	200	170	115	55	34	146	47
CTe S 2	70...120	370	251	50	230	290	175	214	190	130	70	34	166	51
CTe S 3	150...185	400	285	60	250	330	190	265	210	160	80	44	200	65

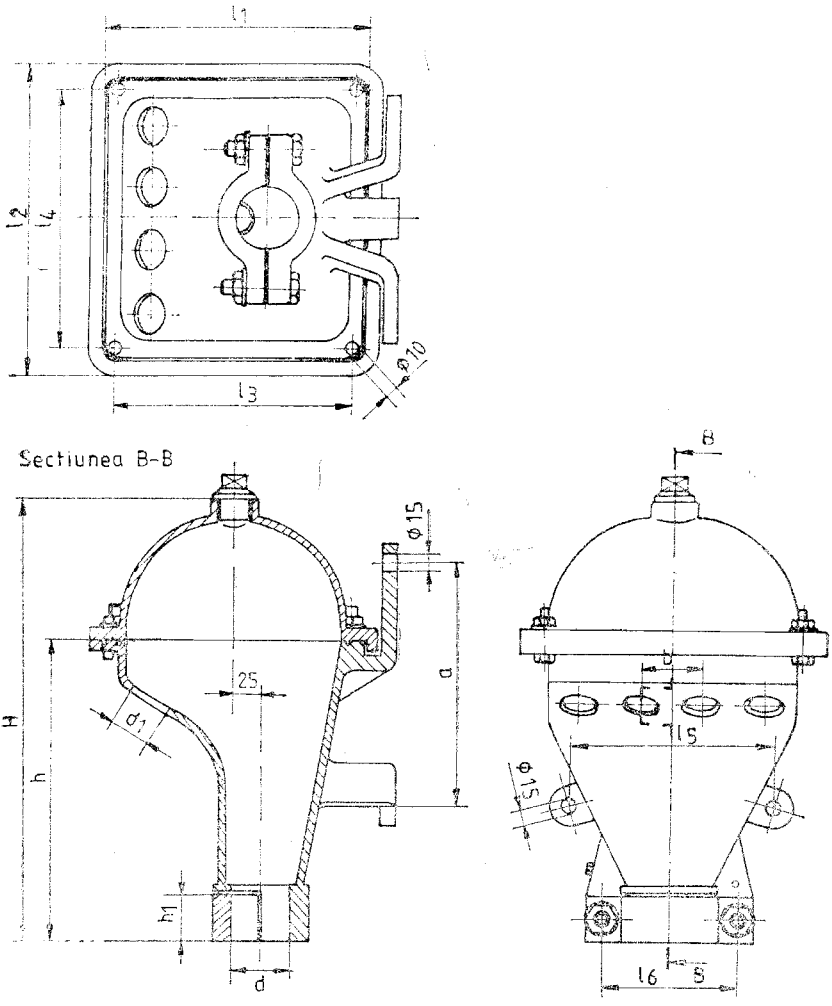


Fig. 16.5. Cutie terminală de exterior pentru montaj pe stîlpi pentru cabluri cu 4 conductoare.

16.1.4. **Cutii terminale de interior din plumb pentru cabluri pînă la 20 kV**

Sînt destinate utilizării în instalaţii interioare, în locuri ferite de lovituri mecanice şi cu umiditate de maximum 65% pentru protejarea capetelor cablurilor cu 1, 3 sau 4 conductoare cu izolaţie de hîrtie, în manta de plumb sau aluminiu, pentru tensiuni pînă la 20 kV.

Se execută în *2 tipuri:* rotunde (simbol CTR) şi plate (simbol CTP).

Cutiile rotunde se execută în 3 variante: pentru 1, 3 sau 4 conductoare şi fiecare variantă în cîte *5 mărimi* (figurile 16.6, 16.7 şi 16.8; tabelele 16.6, 16.7 şi 16.8).

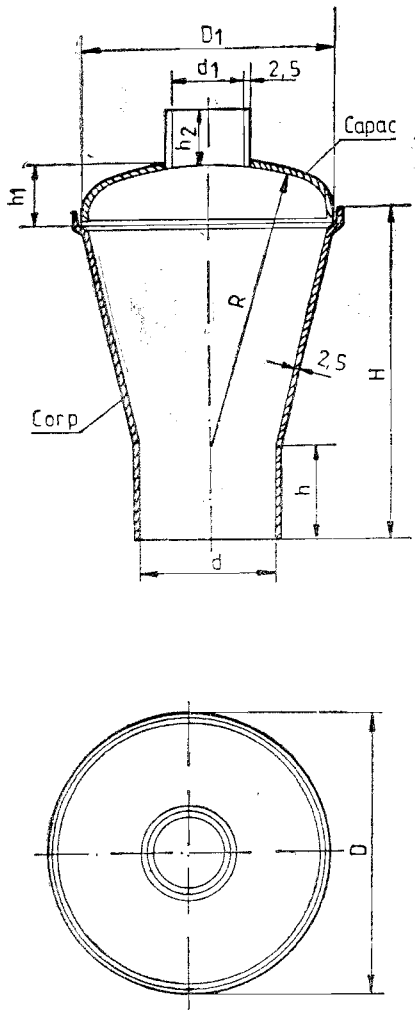


Fig. 16.6. Cutie terminală rotundă pentru cabluri cu un conductor.

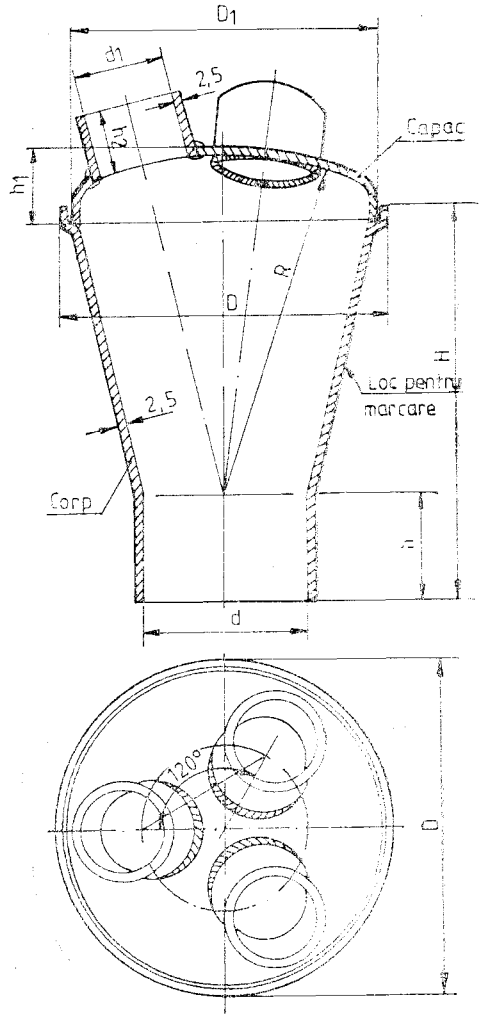


Fig. 16.7. Cutie terminală rotundă pentru cabluri cu 3 conductoare.

Tabelul 16.6

Dimensiunile cutiilor terminale rotunde ale cablurilor cu un conductor [mm]

Simbolul cutiei terminale	H	h	d	D	d_1	D_1	h_1	h_2	R	Masa [kg]
CTR 1—1	100	25	42	81	20	75	20	35	88	0,735
CTR 1—2	110	30	45	91	25	85	21	35	91	1,100
CTR 1—3	120	35	50	105	30	99	25	35	101	1,300
CTR 1—4	130	40	58	119	35	113	28	45	109	2,010
CTR 1—5	140	40	65	124	42	118	30	45	118	2,226

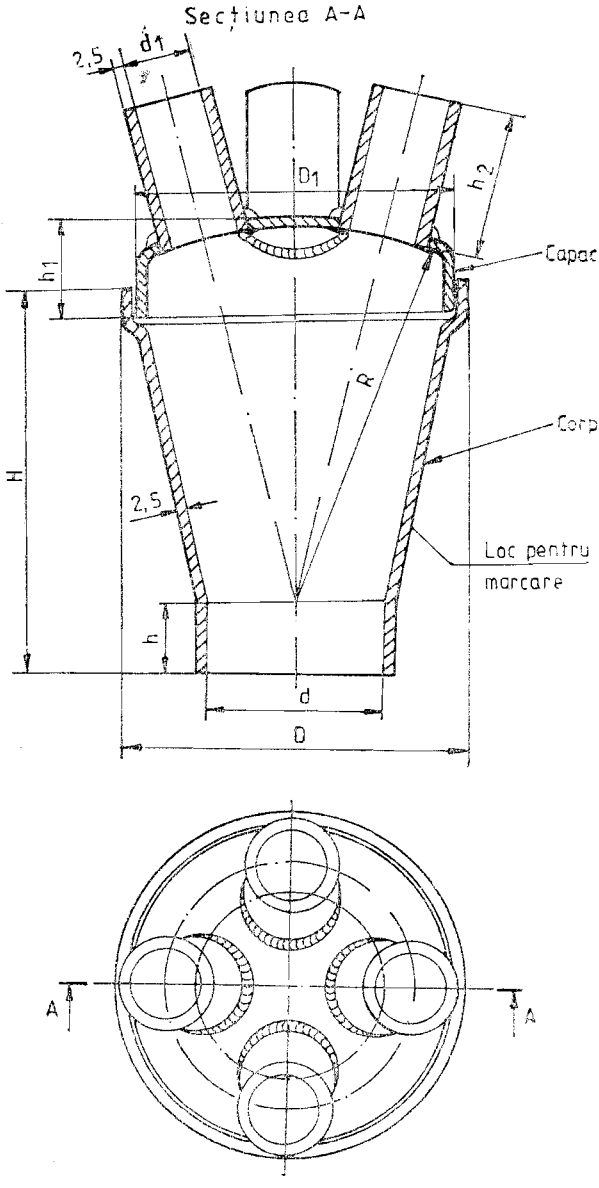


Fig. 16.8. Cutie terminală rotundă pentru cabluri cu 4 conductoare.

Tabelul 16.7

Dimensiunile cutiilor terminale rotunde ale cablurilor cu 3 conductoare [mm]

Simbolul cutiei terminale	H	h	d	D	d_1	D_1	h_1	h_2	R	Secțiunea conductoarelor [mm²]	Masa [kg]
CTR 3—1	100	25	42	81	20	75	20	35	88	25—35	0,950
CTR 3—2	110	30	45	91	25	85	21	35	91	50—70	1,220
CTR 3—3	120	35	50	105	30	99	25	35	101	95—120	1,390
CTR 3—4	130	40	58	119	35	113	28	45	109	150—185	1,910
CTR 3—5	140	40	65	124	42	118	30	45	118	240	2,210

Tabelul 16.8

Dimensiunile cutiilor terminale rotunde ale cablurilor cu 4 conductoare [mm]

Simbolul cutiei terminale	H	h	d	D	a_1	D_1	h_1	h_2	R	Secțiunea nominală a cablului [mm²]	Masa [kg]
CTR 4—1	100	25	42	81	16	75	22,5	20	88	25 sau 35	0,880
CTR 4—2	110	30	45	91	20	85	23,5	25	94	50 sau 70	1,190
CTR 4—3	120	35	50	105	25	99	26,5	30	101	95 sau 120	1,580
CTR 4—4	130	40	58	119	30	113	28,5	35	109	150 sau 185	1,960
CTR 4—5	140	40	65	124	42	118	28,5	35	118	240	2,320

Cutiile plate se execută numai în varianta pentru 3 conductoare şi în *3 mărimi* (fig. 16.9 şi tabelul 16.9).

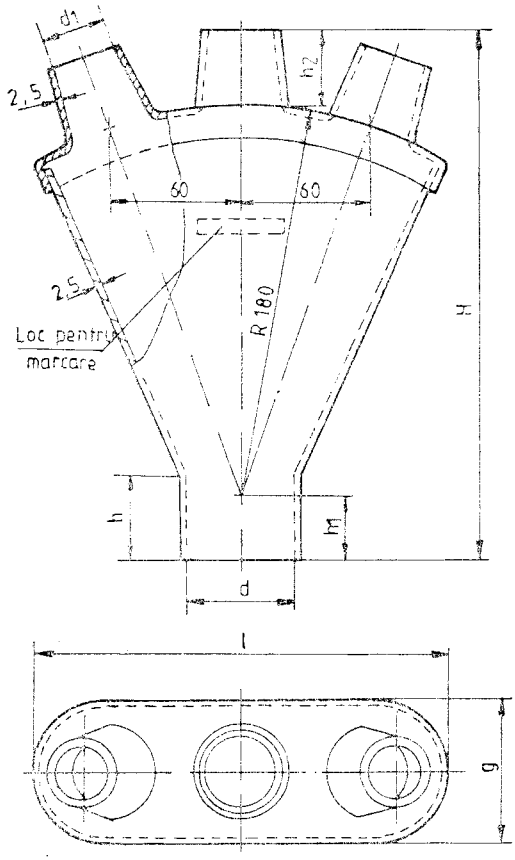


Fig. 16.9. Cutie terminală plată.

Tabelul 16.9

Dimensiunile cutiilor terminale plate [mm]

Simbolul cutiei terminale	H	h	h_1	h_2	d	d_1	g	Secţiunea conductoarelor [mm²]	Masa [kg]
CTP 1	240	35	25	35	40	25	55	50—70	2,160
CTP 2	245	40	30	45	50	30	65	95—120	2,375
CTP 3	245	40	30	45	60	40	75	150—185	2,560

Domeniile de utilizare ale cutiilor terminale rotunde şi plate sînt date în tabelul 16.10.

Materialul cutiilor terminale: tablă de plumb STAS 490-78 cu grosimea de 2,5 mm sau plumb în lingouri STAS 663-76.

Tabelul 161.0

Domeniile de utilizare ale cutiilor terminale de interior din plumb

Simbolul cuteiei terminale	Numărul de conductoare şi secţiunea lor [mm²]	
	Pînă la 10 kV inclusiv	15...20 kV
CTR 1—1	1 × 25 sau 1 × 35	1 × 25
CTR 1—2	1 × 50 sau 1 × 70	1 × 35
CTR 1—3	1 × 95 sau 1 × 120	1 × 50
CTR 1—4	1 × 150 sau 1 × 185	1 × 70
CTR 1—5	1 × 185 sau 1 × 240	1 × 95
CTR 3—1	3 × 25 sau 3 × 35	3 × 25
CTR 3—2	3 × 50 sau 3 × 70	3 × 35
CTR 3—3	3 × 95 sau 3 × 120	3 × 50
CTR 3—4	3 × 150 sau 3 × 185	3 × 70
CTR 3—5	3 × 185 sau 3 × 240	3 × 95
CTR 4—1	4 × 25 sau 4 × 35	—
CTR 4—2	4 × 50 sau 4 × 70	—
CTR 4—3	4 × 95 sau 4 × 120	—
CTR 4—4	4 × 150 sau 4 × 185	—
CTR 4—5	4 × 240	—
CTP 1	—	3× 50 sau 3× 70
CTP 2	—	3× 95 sau 3×120
CTP 3	—	3×150 sau 3×185

16.1.5. Cutii terminale din fontă pentru cabluri cu tensiuni de la 10 la 35 kV

Se construiesc astfel de cutii trifazate sau monofazate, pentru montaj în interior sau în exterior.

Cutie terminală trifazată de interior pentru 10 şi 20 kV (fig. 16.10).

Cutie terminală trifazată de exterior pentru 10 şi 20 kV (fig. 16.11).

Cutie terminală monofazată de interior pentru 20 şi 35 kV (fig. 16.12).

Cutie terminală monofazată de exterior pentru 20 şi 35 kV (fig. 16.13).

16.1.6. Cutii terminale pentru cabluri de înaltă tensiune cu ulei sub presiune

Sînt de diferite tipuri. Un exemplu se dă în fig. 16.14.

Uneori racordarea se face direct la transformator prin intermediul unei cutii auxiliare în care se introduce ulei de cablu (se mai numesc şi cutii terminale imersate).

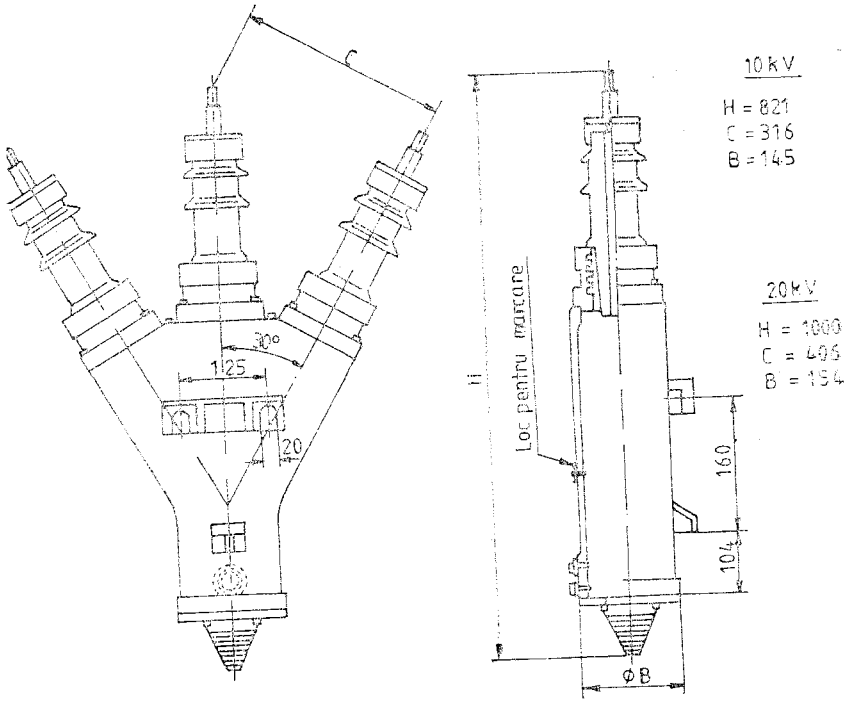


Fig. 16.10. Cutie terminală din fontă, trifazată, de interior, pentru 10 și 20 kV.

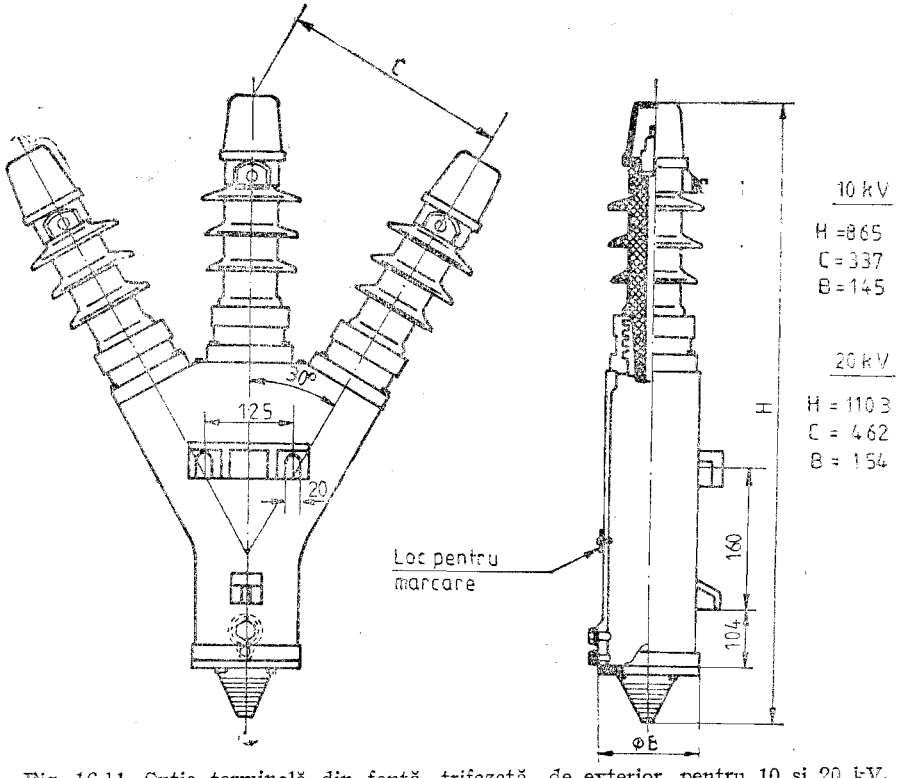
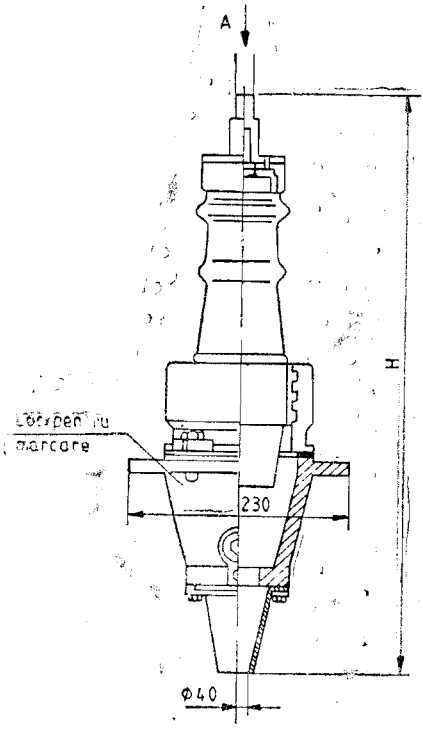
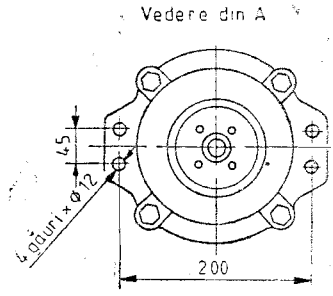


Fig. 16.11. Cutie terminală din fontă, trifazată, de exterior, pentru 10 și 20 kV.

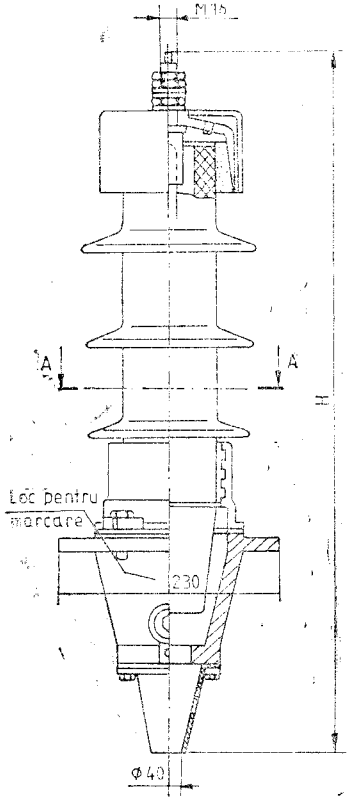


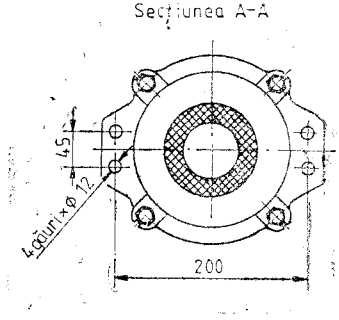


20 kV ; H = 618

35 kV ; H = 685

Fig. 16.12. Cutie terminală din fontă, monofazată, de interior, pentru 20 și 35 kV.



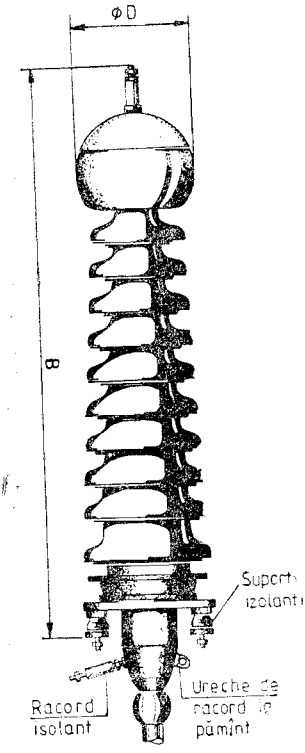


20 kV H = 733

35 kV H = 764

Fig. 16.13. Cutie terminală din fontă, monofazată, de exterior, pentru 20 și 35 kV.

Fig. 16.14. Cutie terminală de exterior pentru cabluri cu ulei sub presiune.



Tens kV	Linia de fuga mm	B mm	D mm	Greutate inclusiv ulei kg
72,5	1668	1150	250	100
123	2829	1440	250	210
145	3335	1590	250	235
170	3910	1900	300	365
245	5635	2775	550	680
420	9660	3855	700	1500

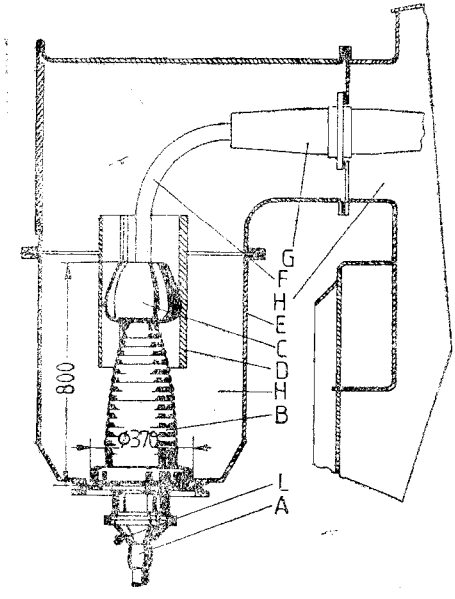


Fig. 16.15. Racordarea la transformator a unui cablu d înaltă tensiune cu ulei sub presiune:

A — sudura manşonului la mantaua de plumb; *B* — izolator; *C* — cap deflector; *D* — ecran izolant; *E* — cutie; *F* — legătură; *G* — izolator de traversare; *H* — ulei; *L* — buşon de racord pentru ulei.

16.2. Papuci de cablu

Papucii de cablu reprezintă elemente terminale metalice, care realizează o legătură electrică și mecanică între conductoare și bornele de conexiune.

Condițiile tehnice generale de calitate sînt definite prin STAS 9293-73.

Se execută prin ștanțare, presare sau turnare.

16.2.1. Papuci ștanțați

Se folosesc pentru legarea la bornele aparatelor în instalații interioare a conductoarelor de cupru sau de aluminiu cu secțiuni de la 16 la 240 mm^2.

Se execută conform STAS 243-80 din alamă Am63 STAS 95-75 (fig. 16.16) cu urechea dreaptă sau înclinată la 45° sau la 90°.

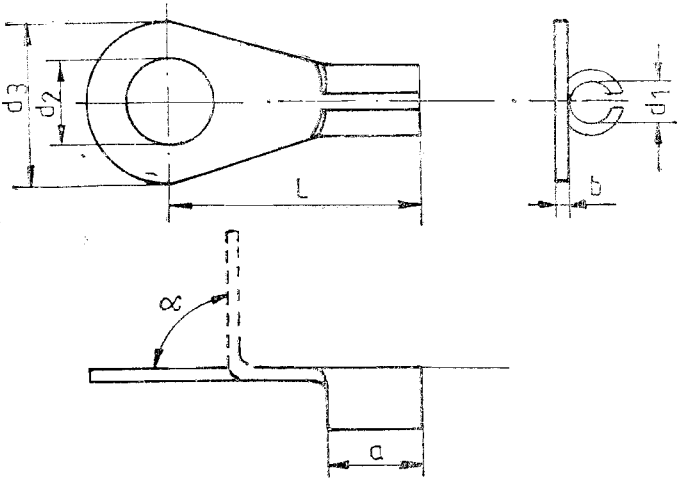


Fig. 16.16. Papuc ștanțat pentru conductoare din cupru și aluminiu.

Dimensiunile sînt conform tabelului 16.11.

Protejarea se face prin acoperire galvanică cu un strat de minimum 5 μ sau prin cositorire la cald cu un aliaj de 50—60% staniu.

Pentru protejarea contra coroziunii electrochimice a locului de contact dintre manșonul papucului și conductorul de aluminiu, acesta se etanșează cu înfășurări din bandă lăcuită și lac de bachelită, sau cu bandă adezivă din *PVC* tip J1.

Tabelul 16.11

Dimensiunile papucilor ştanţaţi [mm]

Secţiunea conductorului [mm²]	Mărimea papucului	d_1	d_2	d_3	a	b	L	Materialul conductorului
16	5 × 5,4	5,4	5,3	12	10	1,2	19	Cu
	6 × 5,4		6,4	14			21	
	10 × 5,4		10,5	21			27	
25	6 × 6,8	6,8	6,4	14	25	1,2	40	Al
					10	1,0	24	Cu
	8 × 6,8		8,4	18	10	1,5	27	Cu
	10 × 6,8		10,5	22			27	
35	6 × 8,2	8,2	6,4	14	25	1	29	Al
					11,5	1,8		Cu
	8 × 8,2		8,4	18	11,5	1,8	29	Cu
	10 × 8,2		10,5	22	25	1,5	45	Al
					11,5	1,8	29	Cu
50	8 × 9,5	9,5	8,4	18	13,5	2	32	Cu
	10 × 9,5		10,5	22	25	1,8	45	Al
					13,5	2	32	Cu
	16 × 9,5		17	30	25	1,8	55	Al
					13,5	2	38	Cu
70	8 × 11,2	11,2	8,4	18	16	2,5	35	Cu
	10 × 11,2		10,5	22	30	2	50	Al
					16	2,5	35	Cu
	16 × 11,2		17	30	30	2	60	Al
					16	2,5	44	Cu
95	10 × 13,5	13,5	10,5	22	30	2,5	58	Al
					19	3	38	Cu
	12 × 13,5		13	25	19	3	41	Cu
120	10 × 15	15	10,5	22	24	3,5	44	Cu
	12 × 15		13	25	30	2,8	55	Al
					24	3,5	47	Cu
150	10 × 16,5	16,5	10,5	22	29	4	44	Cu
	12 × 16,5		13	25	40	3,5	65	Al
					29	4	53	Cu
185	10 × 18,5	18,5	10,5	22	29	4	47	Cu
	12 × 18,5		13	25	40	3,4	65	Al
					29	4	53	Cu
	16 × 18,5		17	32	40	3,8	70	Al
					29	4	56	Cu
240	12 × 21	21	13	25	40	4	65	Al
					34	4,5	59	Cu
	16 × 21		17	32	40	4	70	Al
					34	4,5	62	Cu

16.2.2. Papuci presați sau turnați

Se folosesc pentru racordarea la bornele aparatelor a conductoarelor de cupru cu secțiuni de la 25 la 300 mm².

Se fabrică în *două tipuri:* tip N (drept) și tip C (îndoit în unghi drept), conform STAS 1596-71 (fig. 16.17 și tabelul 16.12).

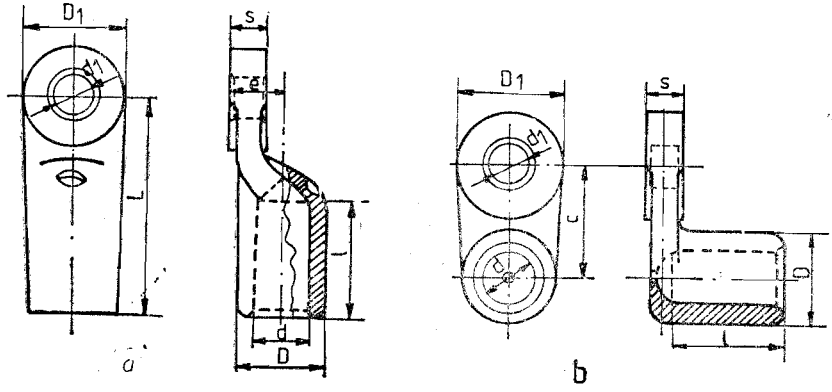


Fig. 16.17. Papuci presați sau turnați pentru conductoare multifilare: *a* — papuc drept (tip N); *b* — papuc îndoit în unghi drept (tip C).

Tabelul 16.12

Dimensiunile papucilor presați sau turnați [mm]

Secțiunea conductorului [mm²]	d	d_1	D	D_1	l	e	L	s	c
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25	7	8,4 10,5	15	19	22	10	38	4	20
	8,5	8,4 10,5							
35	8,5	8,4 10,5	17	22	24	11,5	42	5	23
	10	8,4 10,5							
50	10 12	10,5 17	19	24	26	12,5	45	5,5	25
70	12 13,5	10,5 17	22	26	28	14	50	6,5	28
95	13,5	13,5 17	24	30	30	15	55	7	32
	16,5	13,5 17							

Tabelul 16.12 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
120	15	13,5 17	28	34	34	17	62	9	37
	19	13,5 17							
150	17	13,5 17							
	21	13,5 17							
185	19	17 23	30	38	38	20	70	11	42
240	22	17 23							
300	24	17 23	36	45	42	22	80	13	

Papucii prin presare la cald se execută din alamă A m 58 jumătate tare ; papucii prin turnare se execută din alamă A m T 66 (A m T O).

Conductorul se fixează de papuc prin cositorire.

16.2.3. **Papuci din aluminiu cu strîngere mecanică**

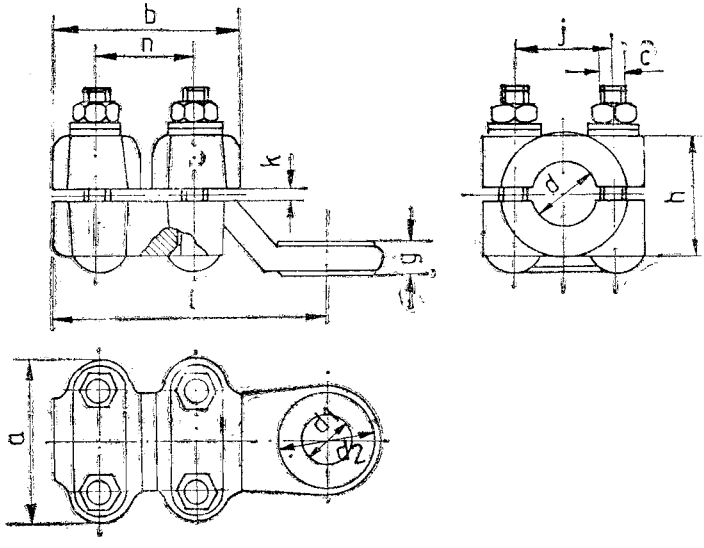


Fig. 16.18. Papuc din aluminiu cu strîngere mecanică.

Tabelul 16.13

Dimensiunile papucilor din aluminiu cu strîngere mecanică [mm]

Secțiunea conductorului [mm²]	*a*	*b*	*c*	*d*	d_1	d_2	*g*	*h*	*j*	*k*	*n*	*l*	Masa [kg]
16; 25; 35	32	34	M6	5; 7	11	22	5	13	16	2	18	66,5	0,067
50; 70	36	34	M6	9; 11	12	24	7	17	20	2	18	71,5	0,091
95; 120	40	34	M6	13; 15	14	28	8	23	24	2	18	78,5	0,122
150; 185	44	34	M6	17; 19	14	28	10	29	28	2	18	82	0,155
240; 300	49	34	M6	21; 24	19	38	13	36	33	2	18	95,5	0,201
400; 500	61	42	M8	28; 30	26	52	15	45	41	2	22	114	0,390

Se folosesc pentru legarea cablurilor cu conductoare de aluminiu multifilare la bornele aparatelor electrice.

16.2.4. Papuci îmbunătățiți tip PTAm

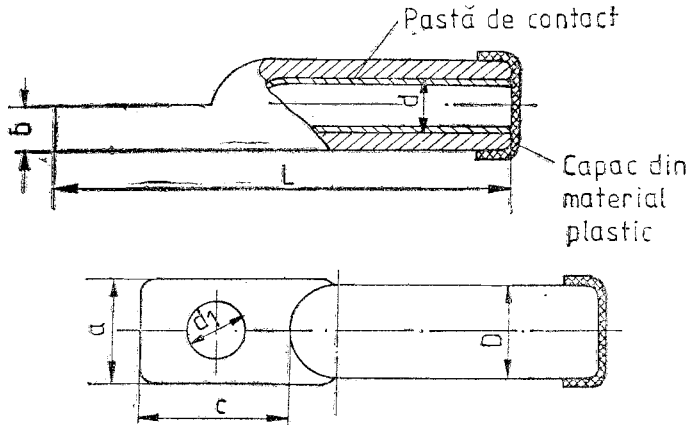


Fig. 16.19. Papuc îmbunătățit tip PTA m.

Tabelul 16.14

Dimensiunile papucilor îmbunătățiți tip PTAm [mm]

Secțiunea conductorului [mm²]	*D*	*d*	d_1	*a*	*b*	*c*	*L*	Masa [kg]
16	10	5,3	6,5	13	5	20	55	0,010
25	12	6,6	8,5	15	6	20	60	0,012
35	14	8,1	8,5	18	6	20	60	0,015
50	16	9,1	10,5	22	7	22	70	0,028
70	18	11,1	10,5	24	7	24	80	0,036
95	20	12,9	13	29	7	26	90	0,048
120	22	14,5	13	30	8	30	98	0,058
150	25	16,2	13	34	9	36	108	0,082
185	28	18,1	16,5	39	10	38	116	0,104
240	32	21,1	16,5	44	11	40	124	0,145

Se folosesc pentru legarea cablurilor cu conductoare de aluminiu la bornele aparatelor electrice. Fixarea pe capătul conductorului se face prin presare. Se mai fabrică și alte tipuri de papuci îmbunătățiți, care se fixează prin presare.

17. ACCESORII

17.1. Mase izolante bituminoase

Masele izolante bituminoase STAS 3897-82 se folosesc la umplerea accesoriilor cablurilor electrice pînă la 1 kV inclusiv, la umplerea manşoanelor de protecţie ale cablurilor de 6—35 kV şi la umplerea cutiilor terminale de exterior ale cablurilor cu izolaţie din *PVC* de 6—10 kV.

Se fabrică în 2 tipuri :

Tip B 55 pentru cabluri subterane şi cutii terminale montate în încăperi reci.

Tip B 70 pentru cabluri subterane şi cutii terminale montate în încăperi încălzite.

La +20 °C produsul se prezintă ca o masă plastică, omogenă, cu aspect lucios, fără incluziuni solide sau gazoase. După încălzirea la 150 °C (pentru tipul B 55) sau 170 °C (pentru tipul B 70), urmată de expunere la temperatură scăzută, masa izolantă trebuie să-şi păstreze omogenitatea. Masa izolantă trebuie să reziste la temperatura de —12 °C, fără să apară goluri sau crăpături.

Caracteristicile fizice, chimice şi electrice sînt date în tabelul 17.1.

Tabelul 17.1

Caracteristicile fizice, chimice şi electrice ale maselor bituminoase

Nr. crt.	Denumirea caracteristicii	Valoriile admisibile	
		B 55	B 70
1	Punct de înmuiere, °C, min	55	70
2	Penetraţia, 10^{-1} mm, la +25 °C, min	20	15
3	Punct de inflamabilitate, °C, min	200	200
4	Pierderi de masă:		
	— la +150 °C, %, max.	1,5	—
	— la +175 °C, %, max.	—	1,5
5	Aciditate minerală sau alcalinitate	Lipsă	Lipsă
6	Smoală de huilă	Lipsă	Lipsă
7	Contracţie de volum la răcirea de la +130 °C la +20 °C, %, max.	10	9
8	Rigiditate dielectrică, kV/cm, min.	120	120

Masa izolantă se livrează în cutii de carton sau în bidoane de tablă și se depozitează în încăperi acoperite, ferite de razele de soare și de alte surse de încălzire.

17.2. Masă izolantă nebituminoasă

Masa izolantă nebituminoasă STAS 3898-80 se folosește la umplerea manșoanelor de legătură și a cutiilor terminale ale cablurilor de 6—35 kV. Se realizează pe bază de colofoniu și ulei mineral. La +20 °C are aspectul unei mase solide, plastice, de culoare galbenă, pînă la galben brun. După încălzirea la +130 °C, urmată de răcire, trebuie să-și păstreze omogenitatea. Poate fi folosită la temperaturi ale mediului ambiant cuprinse între —30 °C și +40 °C.

Caracteristicile fizice, chimice și electrice sînt:

— punct de înmuiere 45—70 °C;
— viscozitate la +130 °C: max. 8 °E;
— punct de inflamabilitate: min. 185 °C;
— aciditate minerală și alcalinitate: lipsă;
— cenușă: max. 0,2%;
— contracție de volum, a răcirea de la +130 °C la +20 °C: max. 8%.
— rigiditate dielectrică: min. 160 kV/cm;
— tangenta unghiului de pierderi dielectrice la 50 Hz: max. 0,02 la +20 °C și la +80 °C;
— rezistivitatea de volum: min. 1×10^{22} Ω cm la +50 °C și min. $0,5 \times 10^{12}$ cm la +80 °C;
— masa încălzită timp de 72 h la 70—80 °C trebuie să-și păstreze omogenitatea;
— masa trebuie să reziste la temperatura de —12 °C fără să apară goluri sau crăpături.

Masa izolantă se livrează în bidoane de tablă de 5—10 kg, sigilate și se depozitează în încăperi acoperite, ferite de razele de soare și de alte surse de încălzire.

17.3. Rășini sintetice

Rășinile epoxidice poliesterice sau poliuretanice sînt din ce în ce mai folosite, avînd calități dielectrice superioare, o bună rezistență la agenții chimici din atmosferă sau din sol, nu suferă degradări importante în timp și au o bună rezistență mecanică; tehnologia de montare este simplă, în schimb întărirea se face într-un timp relativ lung (3—24 h).

17.4. Tuburi termocontractabile

Tuburi termocontractabile din *PVC* fabricate de Întreprinderea de prelucrare mase plastice (Moldplast) din Iași în baza NTI 7095—80 (fig. 17.1) se folosesc pentru etanșarea și protecția exterioară a legăturilor cablurilor

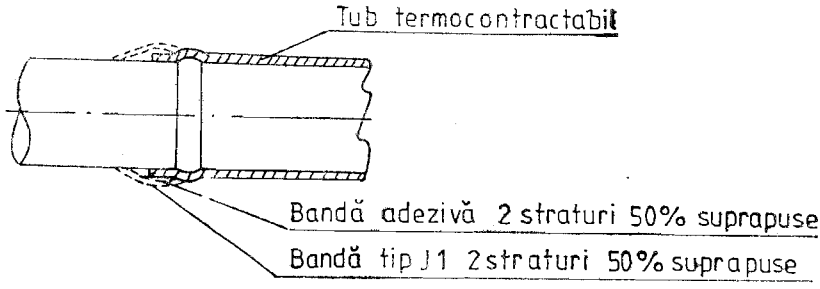


Fig. 17.1. Tub termocontractabil din PVC.

de 1 kV și de 20 kV monofazice cu izolație uscată, înlocuind manșonul de cauciuc sau fontă.

După o încălzire prealabilă, la circa 95°C, la răcire policlorura de vinil tinde să se contracte cu circa 40%.

Pentru tensiuni peste 1 kV se folosesc tuburi din polietilenă reticulată sau etilen-propilenă, care, după ce au fost încălzite la 120°C, prin răcire tind să-și micșoreze dimensiunile de circa 3 ori, fixîndu-se puternic pe cablul respectiv.

17.5. Benzi termocontractabile

Banda electroizolantă termocontractabilă din *PVC* de tip J1 se folosește pentru izolația conductoarelor și se fabrică de Întreprinderea de prelucrări mase plastice București în baza NTI 6418—75. Se livrează sub formă de role de 20 mm lățime, 0,16 mm grosime și 10—20 m lungime.

Banda termocontractabilă tip J1, împreună cu benzile din polietilenă tip ADEBAND—TCI și GUBAN (STAS 8737-84) înlocuiesc benzile din import din polietilenă, tip F—CO—2 și din cauciuc tip VULCO.

În alte țări se utilizează benzi din polietilenă reticulată.

17.6. Pălării termocontractabile

Se folosesc pentru terminale de exterior și sînt realizate din polietilenă.

În fig. 17.2 este arătată o pălărie termocontractabilă pentru cabluri de 10—20 kV, iar dimensiunile respective sînt date în tabelul 17.2.

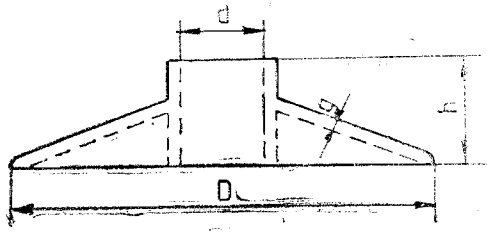


Fig. 17.2. Pălărie termocontractibilă pentru terminal de exterior la cabluri de 10—20 kV.

Tabelul 17.2

Dimensiunile[1] pălăriilor termocontractibile, în mm, pentru terminalele cablurilor electrice trifazate de 10—20 kV

Secțiunea nominală a cablului [mm²]	D	d		g		h
	B[2]	A[2]	B[2]	A[2]	B[2]	A[2]
35— 70	120	60	20	1	3	30
95—185	140	90	30	1	3	35

[1] Dimensiunile sînt conform fig. 17.2.
[2] A — înainte de încălzirea pălăriei;
[2] B — după contractare.

17.7. Aliaje de lipit

Principalele aliaje folosite sînt arătate în tabelul 17.3.

Tabelul 17.3

Aliajele de lipit

Simbolul aliajului	Procentul metalelor componente [%]			Temperatura de topire [°C]	
	Cositor	Antimoniu	Plumb	Inițială	Finală
LP—60	59...61	0,8	Restul	183	190
LP—50	49...51	1,2	Restul	183	210
LP—40	39...41	1,5...2	Restul	183	233
LP—37	36...38	1,5...2	Restul	183	248

Aliajul LP—60 (sau în lipsă LP—50) se folosește la:

— lipirea conductoarelor de aluminiu (metalizate în prealabil) cu cupru sau alamă;

— lipirea ecranelor din bandă de cupru;

— lipirea conductoarelor de legare la pămînt cu armătura metalică de protecție a cablurilor.

Aliajele LP—40 și LP—37 se folosesc la:

— lipirea carcaselor manșoanelor de plumb;

— lipirea manșoanelor de plumb cu mantaua de plumb a cablului;

— lipirea conductoarelor de legătură la pămînt cu mantaua de plumb a cablului;

— lipirea cutiilor de plumb cu mantaua de plumb a cablului;

— lipirea manșoanelor de plumb cu mantaua de aluminiu a cablului (metalizată în prealabil).

17.8. Aliaje de metalizare

Înainte de lipire, conductoarele de aluminiu se metalizează pentru a evita:

— formarea peliculei de oxid de aluminiu, rău conductoare de electricitate;

— coroziunea electrochimică pentru aluminiul pus în contact cu cuprul.

Se folosesc aliaje de cositor-zinc, conform tabelului 17.4.

Tabelul 17.4

Aliajele de metalizare pentru conductoarele de aluminiu

Simbolul aliajului	Procentrul metalelor componente [%]		Temperatura de topire [°C]
	Cositor	Zinc	
AS—35	65	35	300
AS—30	70	30	280
AS—15	85	15	250

17.9. Tuburi și blocuri de beton pentru traversări

Pentru protejarea cablurilor electrice subterane la subtraversarea străzilor și a șoselelor se folosesc tuburi (fig. 17.3) și blocuri de beton cu 4 găuri (fig. 17.4), executate conform STAS 4905-72.

Betonul trebuie să fie cu o clasă de cel puțin Bc (B 250). Suprafața interioară a tuburilor și a blocurilor se acoperă cu un strat continuu de bitum cu grosimea de minimum 1 mm.

Pentru lucrări de reparații se admite folosirea de tuburi din două bucăți și de blocuri din trei bucăți (cu secționare longitudinală).

În ultimul timp tuburile din beton sînt înlocuite în majoritatea cazurilor cu tuburi din materiale plastice.

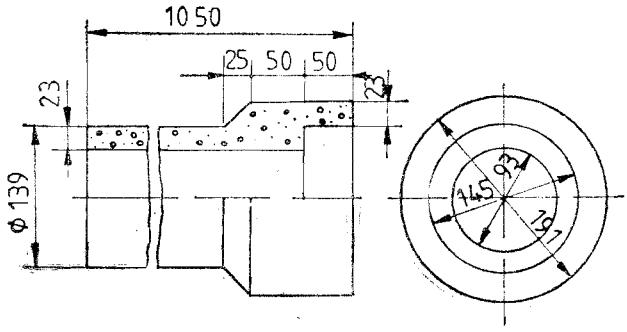


Fig. 17.3. Tub de beton pentru traversări.

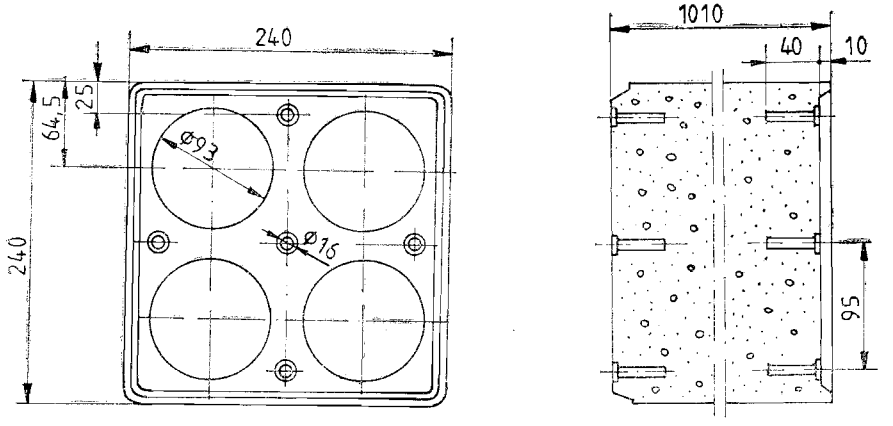


Fig. 17.4. Bloc de beton pentru traversări.

17.10. Tambure din lemn

Se folosesc pentru înfăşurarea, transportul, depozitarea şi pozarea conductoarelor şi cablurilor electrice, precum şi a cablurilor de tracţiune.

Conform STAS 5674-76 se execută în două tipuri:

Tip E pentru conductoare şi cabluri electrice.

Tip T pentru cabluri de tracţiune.

Se execută în 14 mărimi normale (fig. 17.5 şi tabelul 17.5) şi în *15 mărimi speciale.*

Cablurile se livrează de fabrică pe tambure cu capetele etanşate. Capătul interior al cablului se fixează afară, pentru a fi accesibil la efectuarea probelor; capătul exterior se fixează pe partea interioară a peretelui frontal al tamburului. Cablurile nearmate înfăşurate pe tambure se recomandă să se protejeze la exterior prin scînduri.

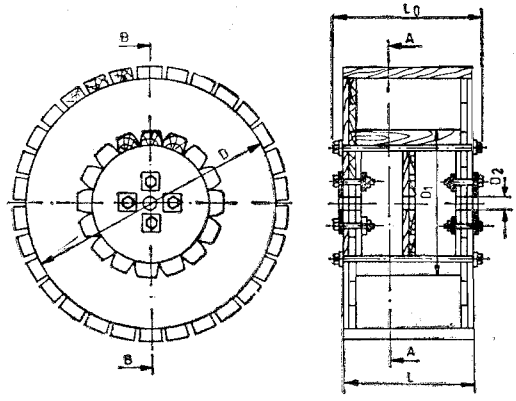


Fig. 17.5. Tambur de lemn.

Tabelul 17.5

Dimensiunile tamburelor de lemn (mărimi normale)

Mărimea	Tipul	Diametrul [mm]			Lungimea tamburului L [mm]		Lungimea totală (de gabarit) L_0 [mm]	
		Flanșa D	Cilindrul D_1	Orificiul axial D_2	Tip E	Tip T	Tip E	Tip T
5	E,T	500	250	50	330		360	
6	E,T	600	300	50	380		410	
8	E,T	800	400	80	480		510	
10	E,T	1000	500	80	620		660	
12	E,T	1200	600	80	720		770	
14	E,T	1400	700	80	820	860	870	920
16	E,T	1600	800	100	960	1000	1020	1060
18	E,T	1800	1000	100	1060	1100	1110	1150
20	E,T	2000	1200	100	1200		1250	
22	E,T	2200	1400	100	1300		1360	
24	E,T	2400	1500	100	1450		1510	
26	E,T	2600	1600	120	1550		1620	
28	E,T	2800	1800	120	1650		1720	
30	E,T	3000	1800	150	1800		1870	

Observație. Dimensiunile sînt conform fig. 17.5.

Cablurile se livrează în general în lungimi minime de 250—350 m (în funcție de grosimea și greutatea cablului).

Pe fiecare tambur, direct sau pe o etichetă metalică se înscriu următoarele date:

— marca de fabrică a producătorului;
— notația completă a cablului;
— lungimea cablului, [m];
— masa brută a cablului, [kg];
— numărul de fabrică al tamburului;

— o săgeată care indică sensul de rostogolire a tamburului ; rostogolirea tamburelor se face în sensul indicat de săgeată, iar desfășurarea cablului de pe tambur se face în sensul invers indicat de săgeată, cu axa tamburului în poziție orizontală ;

— indicația „A nu se răsturna pe flanșe".

Depozitarea în aer liber a tamburelor de cablu este recomandabil a se evita ; este admisă cel mult un an. Cînd timpul de depozitare depășește un an, depozitarea trebuie făcută sub șoproane.

17.11. Fișii de plumb și benzi de material plastic

Se întrebuințează pentru marcarea cablurilor subterane pe traseul liniei (tabelul 17.6).

Tabelul 17.6

Dimensiunile fișiilor din plumb Pb-2 pentru marcarea cablurilor subterane [mm]

Simbolul	Lățimea *A*	Grosimea *B*	Lungimea *C*	Masa [kg]
FPb—1	20	2,5	200	0,114
FPb—2	20	2,5	250	0,142
FPb—3	20	2,5	300	0,171
FPb—4	20	2,5	350	0,199
FPb—5	20	2,5	400	0,228
FPb—6	20	2,5	450	0,256

18. MONTAREA LINIILOR ELECTRICE SUBTERANE

18.1. Pozarea cablurilor

Paralel cu dezvoltarea unor mari platforme industriale şi a unor centre urbane a crescut într-un ritm accentuat şi necesitatea diversificării liniilor electrice de transport şi distribuţie a energiei electrice. Acest lucru a impus amplasarea unor staţii de înaltă tensiune, a unor puncte de alimentare şi posturi de transformare în centrele urbane şi în interiorul platformelor industriale, fapt care a condus nemijlocit la creşterea reţelelor de cabluri electrice de 1—110 kV.

Dimensionarea corectă a cablurilor, asigurarea unui montaj corect şi a unei exploatări raţionale, sînt condiţii esenţiale pentru buna funcţionare a reţelelor de cabluri.

Asigurarea calităţii cablurilor atît în fabricaţie, ambalare, transport, manipulări, magazinaj, cît şi în montaj, precum şi efectuarea unor controale de calitate pe toate fazele tehnologice vor conduce la executarea unor lucrări de bună calitate.

Organizarea amănunţită a şantierelor şi locurilor de muncă, mecanizarea intensivă a desfacerii şi refacerii pavajelor, a săpăturilor, a pozării cablurilor şi a compactării pămîntului inclusiv executarea prin forare a traversărilor (acolo unde celelalte lucrări edilitare permit acest lucru) sînt elemente cheie în creşterea productivităţii muncii la acest gen de lucrări.

18.1.1. Organizarea şantierului

a. **Organizarea locurilor de muncă.** Organizarea locurilor de muncă trebuie astfel făcută, încît fiecare echipă sau formaţie de lucru să poată realiza sarcinile în mod independent, în condiţii de calitate şi de productivitate corespunzătoare.

În vederea începerii lucrărilor, responsabilul de lucru trebuie să aibă asigurate, sau să asigure el însuşi, următoarele:

— documentaţia tehnică şi economică a lucrării, inclusiv planurile de execuţie;

— fişele tehnologice de execuţie şi cunoaşterea acestora de către formaţiile de lucru ;

— echipamentul de protecţie şi de uzură pentru muncitori ;

— preluarea traseului de la beneficiar, respectiv proiectant, împreună cu autorizaţia de excuţie eliberată de organele locale, care să permită desfacerea pavajelor şi executarea săpăturilor ;

— efectuarea de sondaje la traversări şi în zonele aglomerate cu lucrări edilitare ;

— sculele şi utilajele necesare ;

— luarea măsurilor necesare din punct de vedere al normelor de protecţia muncii şi de pază contra incendiilor ;

— stabilirea locurilor pentru depozitarea materialelor, atît a celor necesare execuţiei, cît şi a celor rezultate din săpături şi demontări ;

— întocmirea de grafice de execuţie pe zone şi pe formaţii de lucru ;

— aprovizionarea ritmică şi asortată a locurilor de lucru ;

— stabilirea celor mai potrivite drumuri de acces pentru vehicule şi muncitori ;

— încărcarea şi descărcarea materialelor la termenele prevăzute în graficele de execuţie ;

— iluminarea necesară pe timpul nopţii ;

— menţinerea curăţeniei permanente a locurilor de lucru.

b. **Asigurarea circulaţiei rutiere şi a pietonilor în zona lucrărilor.** *Indiferent dacă sînt prevăzute sau nu prin autorizaţii şi avize, se vor asigura următoarele măsuri :*

— executarea în avans a traversărilor (de preferat noaptea pentru traversările ce se execută cu deschiderea zonei de circulaţie, folosind semnalizarea luminoasă, semnele de circulaţie necesare, dirijarea circulaţiei etc.) ;

— instalarea de podeţe cu balustradă pentru trecerea pietonilor ;

— sprijinirea pămîntului rezultat din săpături (cu dulapi) inclusiv sprijinirea malurilor (NPM) ;

— curăţirea rigolelor şi a gurilor de scurgere pentru a se lăsa trecerea liberă a apei ;

— montarea semnelor de circulaţie în zone, vizibile (în cazuri strict necesare se poate solicita, la cei în drept, devierea circulaţiei) ;

— montarea de panouri, plăcuţe avertizoare şi îngrădiri în zonele necesare ;

— executarea lucrărilor se va face pe tronsoane, evitînd începerea tronsonului următor pînă cînd tronsonul anterior nu a fost terminat, curăţat şi redat circulaţiei.

*

La lucrările mai importante, toate cele de mai sus, împreună cu alte măsuri specifice, sînt prevăzute într-un proiect de organizare de şantier ce se întocmeşte de întreprinderea sau brigada care are în sarcina sa execuţia lucrării.

18.1.2. Depozitarea, conservarea, transportul și manipularea tamburelor de cablu

Forma, dimensiunile tamburelor și axelor de manipulare a acestora sînt redate în fig. 17.5 și tabelul 17.5.

a. **Livrarea și depozitarea.** Cablurile, înfășurate pe tambure (de regulă din lemn) au capetele capsulate etanș, ambele capete fiind accesibile.

Condițiile de protejare, depozitare și garanție sînt prevăzute în norme sau STAS-uri. De regulă depozitatea tamburelor în aer liber se face cel mult un an, în locuri ferite de acțiunea directă a razelor solare; la depășirea unui an depozitarea se va face sub șoproane.

Depozitarea se face în locuri plane, pe tipuri de cabluri și tensiuni, asigurîndu-se accesuri ușoare la manevrarea tamburului necesar.

Se va observa periodic menținerea etanșeității capsulelor.

b. **Manipularea și transportul.** La încărcarea și descărcarea tamburelor cu sau fără cablu se recomandă folosirea de automacarale corespunzătoare, cu dispozitivele auxiliare (cabluri de ridicat, axe, bare distanțiere). Alegerea macaralelor se face în funcție de greutatea tamburelor, folosind un coeficient de siguranță $C = 5$.

De obicei, la o temperatură mai mică de $+5\,°C$ este interzisă manipularea tamburelor cu cablu fără o încălzire prealabilă.

În fig. 18.1 se arată o pregătire corectă a unui tambur în vederea încărcării sau descărcării (pregătirea lui făcîndu-se de „legătorii de sarcină").

c. **Mijloace de transport.** În funcție de greutatea și de dimensiunea tamburelor acestea se pot transporta, în afara vagoanelor de CF și mijloacelor maritime, cu ajutorul camioanelor, remorcilor biax, remorcilor treiler sau direct pe cărucioare speciale.

Pentru a evita deplasarea tamburelor în timpul transportului acestea se imobilizează bine cu ajutorul penelor, scoabelor, bilelor de lemn, ancorelor etc.

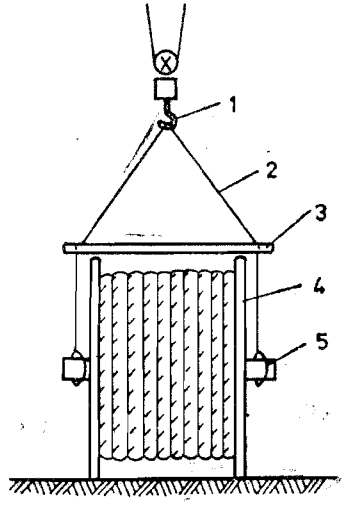


Fig. 18.1. Prinderea tamburului pentru încărcare sau descărcare:
1 — cîrligul macaralei; *2* — cablu de oțel cu ochiuri la ambele capete; *3* — traversă distanțier; *4* — tambur cu cablu; *5* — ax de oțel.

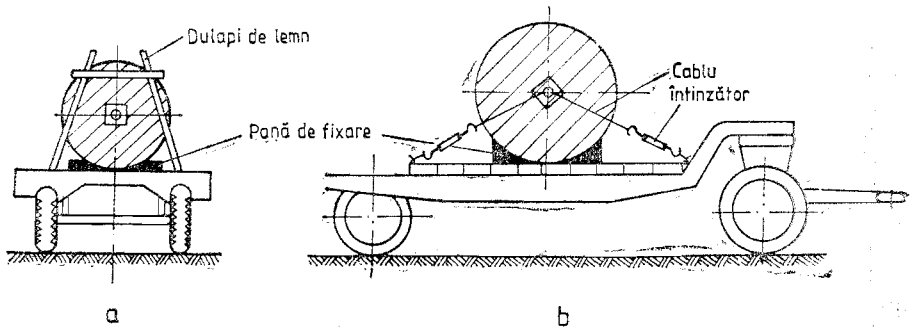


Fig. 18.2. Fixarea tamburelor pentru transport:
a — cu dulapi de lemn; *b* — cu cabluri.

În fig. 18.2, *a, b* se arată unele metode de fixare a tamburelor în timpul transportului.

Rostogolirea tamburelor cu cablu de 1—35 kV este admisă numai în cazuri excepționale, cu respectarea următoarelor condiții:

— calea de rostogolire să fie netedă și curată;

— deplasarea să se facă pe distanțe mici (max. 5—10 m);

— tamburele să fie bine conservate, cu pereții laterali sănătoși;

— spirele cablurilor să fie bine strînse și să fie la cel puțin 200 mm de circumferința periferică a pereților laterali ai tamburului;

— rostogolirea se va face numai în sensul săgeții de pe tambur.

18.1.3. Reguli și prescripții privind pozarea cablurilor

La pozarea cablurilor se va ține seama de prevederile proiectantului, a fișelor tehnologice, precum și a celor din „Normativul pentru proiectarea și execuția rețelelor de cabluri electrice", PE 107—81, *din care menționăm principalele:*

— cablurile liniilor electrice subterane de energie se pozează direct în pămînt, în tuburi, în blocuri de beton sau în galerii edilitare comune cu alte utilități publice;

— se vor respecta razele minime de curbură conform indicațiilor fabricantului sau, în lipsă cele prevăzute în tabelul 18.1;

— se vor asigura lungimi suficiente de cablu pentru executarea manșoanelor și cutiilor terminale, precum și rezerve minime (la mașoane pentru refacerea de două ori, iar la cutiile terminale pentru refacerea o singură dată);

— la pozarea verticală sau înclinată a cablurilor cu mase migratoare diferențele minime de nivel admisibile sînt cele din tabelul 18.2.

La prinderea cablurilor monofazice se vor utiliza numai bride amagnetice.

La traversările cu cabluri monofazice nu se vor utiliza tuburi feromagnetice sau tuburi din beton cu armătură de fier care formează inele închise.

Tabelul 18.1

Razele minime de curbură admisibile la montarea cablurilor de energie în funcție de diametrul D

Nr. crt.	Tipul cablului	Raza minimă
	A. CABLURILE DE ENERGIE	
1	Cabluri cu izolații de hîrtie impregnată, cu manta de plumb, armate sau nearmate, sau cabluri cu ulei sub presiune:	
	— cu conductoare monofilare	25 D
	— cu conductoare multifilare	15 D
2	Cabluri cu izolație din hîrtie impregnată, cu manta de aluminiu, armate sau nearmate:	
	— cu conductoare monofilare	30 D
	— cu conductoare multifilare	25 D
3	Cabluri cu izolație și manta din *PVC* armate sau nearmate:	
	— cu conductoare rotunde	15 D
	— cu conductoare sector	20 D
4	Cabluri cu izolație de cauciuc, armate sau nearmate, cu conductoare mono sau multifilare	10 D
	B. CONDUCTOARELE CABLURILOR	
5	Cabluri cu izolație de hîrtie	15 D
6	Cabluri cu izolație de *PVC*	15 D
7	Cabluri cu izolație de cauciuc	15 D

Tabelul 18.2

Diferențele maxime de nivel admisibile la pozarea verticală sau înclinată a cablurilor de energie cu masă migratoare

Tensiunea nominală a cablului [kV]	Diferența maximă de nivel [m]
1	20
6...10	15
15...20	10
20	5

Temperatura minimă de pozare a cablurilor este de +5°C (în cazul în care fabricantul nu indică altă temperatură).

Adîncimea H de pozare a cablurilor nu va fi mai mică de:

0,7—0,8 m, în cazul cablurilor cu tensiunea nominală pînă la 20 kV inclusiv;

1,0—1,2 m, în cazul cablurilor cu tensiunea nominală peste 20 kV.

Distanța liberă pe orizontală L între cabluri pozate în același șanț sau în șanțuri separate nu va fi mai mică decît valorile minime indicate în tabelul 18.3.

Distanțele între cabluri, pozate în pămînt și diverse rețele, construcții sau obiecte nu vor fi mai mici decît cele indicate în tabelul 18.4.

Tabelul 18.3

Distanțele minime dintre cabluri de energie 1—20 kV și alte cabluri, pozate în pămînt

Nr. crt.	Tipul cablurilor	Distanța minimă [cm]	Observații
1	Alte cabluri de energie 1—20 kV	7	Distanța se mărește la 25 cm în cazul cablurilor monofazate pozate în treflă
2	Cabluri de comandă-control	10	La cabluri de energie cu $U_n > 1$ kV distanța se verifică și prin calcule de influență
3	Cabluri ale altor unități (telefoane, M.T.Tc., tracțiune etc.)	50	Distanța se mărește la 60 cm în cazul adîncimilor de îngropare peste 1,5 m

Tabelul 18.4

Distanțele minime dintre cablurile pozate în pămînt și diverse rețele, construcții sau obiecte

Nr. crt.	Denumirea rețelei, construcției sau obiectelor	Distanța minimă [m]		Observații
		În plan orizontal (apropieri)	În plan vertical (intersecții)	
0	1	2	3	4
1	Conducte sau canale de apă și canalizare	0,5[1]	0,25	1) La adîncimi peste 1,5 m distanța minimă este de 0,6 m
2	Conducte termice — cu abur — cu apă fierbinte	 1,5 0,5	 0,5 0,2	Distanțele se măsoară pînă la marginea canalului termic. Pot fi reduse cu 50% cu măsuri de protejare termică a cablului
3	Conducte de lichide combustibile	1,0	0,5[1]	1) Distanța poate fi redusă pînă la 0,25 m în cazul protejării cablului în tuburi pe toată lungimea intersecției, plus 0,5 m pe fiecare parte
4	Conducte de gaze	0,6[1]	0,1[2]	1) În cazul protejării cablului în tuburi, distanța se mărește la: — 1,5 m pentru presiune joasă intermediară sau redusă — 2,0 m pentru presiune medie 2) Conducta de gaze deasupra
5	Fundații de clădiri	0,6	—	Cu condiția verificării stabilității construcției
6	Arbori (axul acestora)	1,0	—	Se poate reduce distanța cu condiția protejării cablului în tuburi

Tabelul 18.4 (continuare)

0	1	2	3	4
7	*LEA* cu $U_n \leqslant 1$ kV	0,5[1]	—	1) Distanța se măsoară de la marginea stîlpului sau fundației
8	*LEA* cu $U_n > 1$ kV: — neutru izolat sau tratat — neutru legat la pămînt	 1,0 5,0	 — —	Distanțele se măsoară de la conductorul extrem al *LEA* (proiecția pe orizontală)
9	Șină de tramvai	2,0[1]	1,0[2]	1) Se admite reducerea pînă la 1,0 m pentru cabluri cu înveliș din *PVC* sau montate în tuburi 2) Cablurile se montează în tuburi, unghi minim de traversare 60° (recomandat 75—90°)
10	Căi ferate neelectrificate: — uzinale — MTTc	 1,0 3,0	 1,0[1] 2,0[1]	1) Unghi minim de traversare 75°. Cablurile se protejează în tuburi pînă la limita zonei de expropiere, dar minimum 2 m de la șina extremă
11	Căi ferate electrificate — uzinale — MTTc	 1,5[1] 10,0[2]	 3) 4)	1) Cu măsuri de protecție pentru cabluri 2) Se admite reducerea pînă la 3 m, pe bază de calcul, cu măsuri de protecție pentru cablu și aprobare M.T.T.c 3) Idem ca la poz. 10, dar minimum 3 m, plus traversarea la 10 m de ace sau de cabiu de întoarcere 4) 1,4 m tub izolant (*PVC*, beton); 3 m tub metalic
12	Drumuri	0,5[1]	1,0[2]	1) Măsurată de la bordură spre trotuar (în localități) sau de la ampriză spre zona de protecție (în afara localităților) 2) Măsurată în axul drumului; tubul de protecție va depăși bordura, respectiv ampriza cu ≈0,5 m. Unghiul minim de traversare 60° (recomandat 75—90°)
13	Cabluri electrice (inclusiv tracțiune urbană și telefonie)	1)	0,5[2]	1) A se vedea tabelul 18.3 2) Se admite reducerea pînă la 0,25 m cu condiția protejării mecanice a cablului traversat pe 0,5 m de o parte și de alta a traversării

Cablurile se pozează în șanțuri între două straturi de pămînt cernut sau nisip, respectîndu-se prevederile proiectului. Peste aceste straturi se montează un material avertizor (de exemplu benzi avertizoare sau plăci avertizoare) și pămînt rezultat din săpătură (pămînt din care s-au înlăturat toate corpurile străine), profilul fiind redat în proiectul lucrării.

Utilizarea plăcilor avertizoare este recomandată în cazul necesității unei protecții mecanice suplimentare, respectiv :

— pozări în terenuri supuse alunecărilor sau tasărilor ;
— în locuri supuse trepidațiilor puternice ;
— în medii cu pericol de explozii ;
— între straturile de cabluri etajate ;
— deasupra manșoanelor.

Între cablurile cu tensiuni diferite sau între cablurile de medie tensiune (de aceeași tensiune) pozate în același șanț la distanțe între ele de pînă la 10 cm, se vor monta distanțiere din mase plastice sau din cauciuc, amplasate la distanțele prevăzute în proiect.

Ordinea de așezare a cablurilor electrice sub trotuare, dinspre partea clădită spre zona carosabilă, este următoarea :

— cabluri de distribuție de joasă tensiune ;
— cabluri de distribuție de medie tensiune ;
— cabluri de telecomandă ;
— cabluri de iluminat public.

După pozare, pe schițele de execuție, se vor trece cotele reale și orice modificări față de proiect.

18.1.4. **Etapele de execuție a lucrărilor**

Procesul tehnologic de instalare a cablurilor direct în pămînt este următorul :

— predarea-preluarea traseului ;
— desfacerea pavajelor ;
— executarea subtraversărilor ;
— săparea șanțurilor ;
— desfășurarea și pozarea cablurilor ;
— astuparea șanțurilor ;
— refacerea pavajelor.

18.1.4.1. **Predarea-preluarea traseului**

Predarea traseului se face de către beneficiar și proiectant constructorului, pe baza proiectului, aprobărilor și avizelor de la consiliile populare, de la organele de circulație și de la întreprinderile cu lucrări edilitare în zone.

Pentru elucidarea diverselor probleme se execută sondaje.

Lipsa reperelor fizice conduce la predarea traseului prin pichetare.

18.1.4.2. **Desfacerea pavajelor**

De regulă pavajele sînt alcătuite din piatră, bolovani, piatră cubică, beton şi asfalt (asfaltul poate fi turnat pe pămînt, piatră sau beton).

Operaţiile de desfacere manuală a pavajelor fiind de productivitate scăzută, se vor executa pe cît posibil mecanizat, folosind în acest sens: ciocane dotate cu dălţi speciale şi şpiţuri acţionate cu moto sau electrocompresoare sau motor propriu. Pentru tăierea asfaltului se utilizează cu bune rezultate „Instalaţia mobilă de tăiat asfalt" tip TAS—4 CP, producător UARMT-Cîmpina (fig. 18.3).

Îndepărtarea pavajelor se va face, în principiu, conf. fig. 18.4.

Materialele refolosibile rezultate din demontări, vor fi stivuite sortat în grămezi la minimum 0,5 m de marginea şanţului, astfel încît să nu împiedice circulaţia.

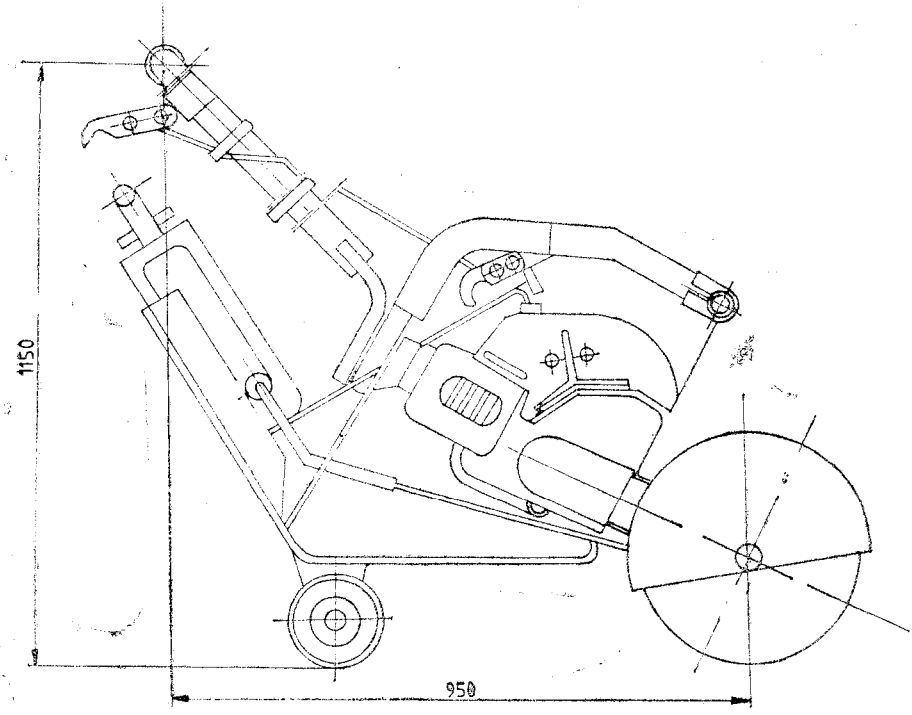


Fig. 18.3. Instalaţie mobilă de tăiat asfalt tip TAS.

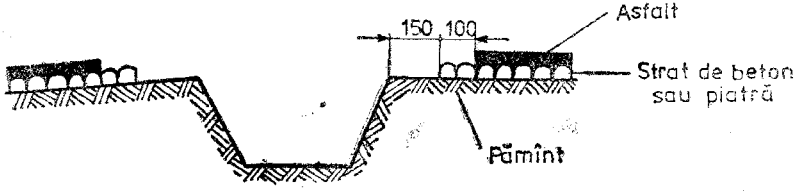


Fig. 18.4. Modul de desfacere a pavajului.

18.1.4.3. Executarea subtraversărilor

1. *Reguli de montare a cablurilor în tuburi.* Materialele utilizate la traversări sînt, de obicei, țevi din *PVC* dur sau semidur, tuburi tip telefon cu 4 găuri pentru cabluri 1—10 kV și 20 kV monofazice și cu o gaură pentru cabluri 20—35 kV trifazice (mai rar se utilizează tuburi din gresie sau azbociment).

La traversarea căilor ferate sau a liniilor de tramvai, pentru cablurile trifazice, se utilizează și țevi metalice.

Datorită coeficientului de frecare redus și greutății mici, țevile din *PVC* sînt din ce în ce mai mult folosite.

Diametrul găurii tubului (țevilor) trebuie să fie de minimum 2,8 × × D_{cablu}, în cazul pozării a 3 cabluri monofazate în același tub și de minimum 1,5 × D_{cablu}, în cazul pozării unui singur cablu în tub (D_{cablu} — diametrul exterior al cablului).

2. *Dispunerea tuburilor.* Tuburile la traversări vor fi dispuse conform proiectului.

Țevile din *PVC* se vor îmbina fie prin bercluirea la cald (a unei țevi) conform fig. 18.5, fie prin mufe. Îmbinările vor fi protejate cu pînză de sac îmbibată în bitum sau cu bandă adezivă din polietilenă (producător IPAUS București).

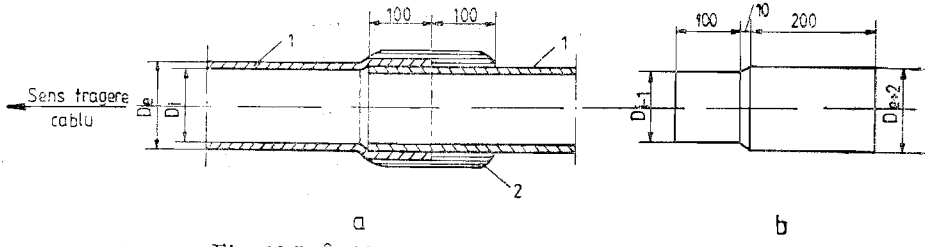


Fig. 18.5. Îmbinarea la cald a țevilor de PVC:
a — îmbinarea țevilor; *b* — dop din lemn pentru bercluire; *1* — țevi PVC; *2* — bandaj din pînză de sac îmbinată cu bitum sau bandă adezivă tip TCI.

Toate traversările vor avea tuburile (țevile) îmbinate în același sens, avînd în vedere direcția de tragere a cablului, care se stabilește anterior executării traversărilor, astfel încît frecarea și forța de tragere F_t să fie minime.

3. *Executarea traversărilor.* La traversările străzilor, a aleilor, piețelor, drumurilor și șoselelor existente, precum și a celor prevăzute în planul de sistematizare se vor respecta cotele indicate de: avizele întreprinderilor cu lucrări edilitare, planurile de coordonare și avizele primăriilor.

Subtraversările se execută de formații de lucru speciale, și în avans față de săpăturile pentru pozarea cablurilor.

Pe străzi, drumuri și șosele cu circulație intensă, subtraversările se execută, de regulă, noaptea, cu semnalizarea locului respectiv cu felinare roșii, lumină electrică, lumini cu pîlpîire, eventual cu dirijarea circulației de către un muncitor și cu montarea obligatorie de indicatoare și semne de circulație.

Dacă avizele indică zone bogate cu instalații edilitare (conducte telefonice, țevi de gaze, țevi de apă, canale colectoare, conducte termice etc.), în mod normal se execută săpături pe jumătate din arteră, se execută schița cotată a acestor instalații și se astupă cu nisip sau balast, fără a se monta tuburile, se sapă apoi și cealaltă jumătate și ținînd seama de cotele notate anterior se stabilește adîncimea traversării și se pot monta tuburile (săpătura se face mecanizat sau manual, în taluz și cu spraițuirile necesare).

Traversările deschise, se execută astfel:

Pe fundul șanțului se toarnă un strat de beton de 100 mm grosime, depășindu-se bordura trotuarului cu 200—300 mm. spre proprietate. Peste stratul de beton se așează tuburile de protecție din beton sau *PVC* la distanțele indicate în proiect.

Dacă proiectantul nu menționează altfel, țevile din *PVC* sau beton se distanțează între ele la 20 mm. Deasupra tuburilor și în părțile laterale se toarnă un nou strat de beton de 100 mm grosime, bine compactat (fig. 18.6).

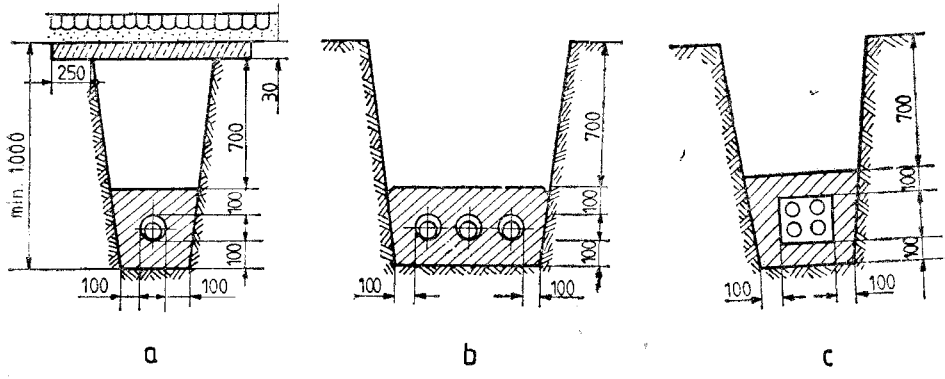


Fig. 18.6. Montarea cablurilor la traversări:
a — cu un singur tub; *b* — cu 3 tuburi; *c* — cu tub tip telefon cu 4 găuri.

Se execută umplerea șanțului cu nisip, balast și mai rar cu pămînt, în straturi de 200 mm grosime, straturi care se vor compacta cu maiuri mecanice sau electrice.

Tuburile de protecție se montează cu o pantă ușoară de 1%.

Pînă la pozarea cablurilor, tuburile se astupă la capete cu dopuri din lemn.

Pe partea carosabilă, sub pavaje, șanțul se acoperă cu o placă de beton sau binder (de 200—300 mm grosime), care se sprijină pe pămînt sănătos pe o porțiune de circa 250 mm (fig. 18.6, *a*). Acest lucru se practică pe cîte o jumătate de traversare, pe jumătatea cealaltă executîndu-se pentru circulație un pavaj provizoriu.

Executarea subtraversărilor deschise de sub liniile de cale ferată se vor face respectînd proiectele de specialitate și numai după ce organele căilor ferate au făcut consolidările șinelor în zona traversării și au asigurat restricții de circulație. La trecerea trenurilor muncitorii vor părăsi șanțul.

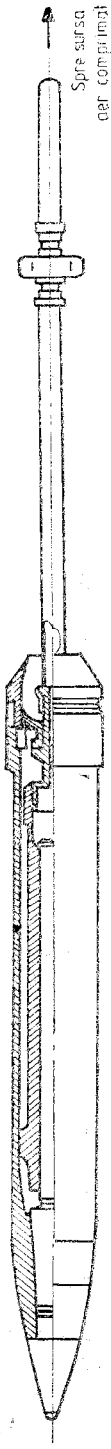


Fig. 18.7. Instalație pentru forat subtraversări.

De asemenea și la subtraversările șinelor de tramvaie se vor stabili cu organele de exploatare, condițiile tehnice și de securitate ale execuției.

Șoselele naționale, diferitele străzi, liniile de tramvaie și de căi ferate se subtraversează și prin forare, existînd în acest sens dispozitive și utilaje (fig. 18.7) și executîndu-se cu succes forări de pînă la 15—20 m lungime.

18.1.4.4. Executarea șanțurilor

Lucrările de săparea șanțurilor, pentru pozarea cablurilor, fiind de productivitate mai mică trebuie bine pregătite, astfel încît durata de execuție să fie scurtată la maximum.

Datorită instalațiilor edilitare, în orașe săpătura se execută manual.

După ce s-a făcut trasarea șanțului și sondajele necesare, se pot stabili porțiunile care se pretează la săpături mecanizate.

Se studiază cu mare atenție avizele și schițele cotate eliberate de întreprinderile cu instalații edilitare (planurile de coordonare și clauzele din autorizația de desfacere a pavajelor) și se anunță data începerii lucrărilor organelor interesate, în special exploatării cablurilor telefonice și întreprinderii de exploatare a gazelor.

Dacă în șanțul respectiv există și cabluri sub tensiune se vor stabili cu organele de exploatare ale acestora condițiile de securitate în care se execută lucrările.

În orașe se sapă cu tîrnăcopul pînă la 0,4 m adîncime iar apoi numai cu casmaua și lopata.

Cu mare precauție și cu dirijarea utilajelor săpăturile se pot efectua și mecanizat (pînă la 0,4 m adîncime) între sondaje efectuate din 3 în 3 m.

Pentru pămîntul rezultat din săpătură se va folosi un gard de susținere format din colțare metalice și dulapi, de preferat metalici, vopsiți în dungi, recomandat roșii-albe (fig. 18.8).

La intrările în magazine, clădiri, puncte de trecere, se vor folosi podețe (cu mînă curentă) pentru trecerea pietonilor.

La traversări, intersecții și puncte periculoase, se vor monta plăci avertizoare (șantier în lucru), panouri cu denumirea unității executante etc. și semne de circulație. În timpul nopții aceste puncte se vor lumina în roșu (electric, felinare, lumini intermitente).

Pe tot traseul lucrării se vor monta plăci avertizoare: „Stai, înaltă tensiune, pericol de moarte".

La șanțurile cu adîncimi mai mari de 1 m sau la șanțurile executate în teren slab se vor executa sprijiniri

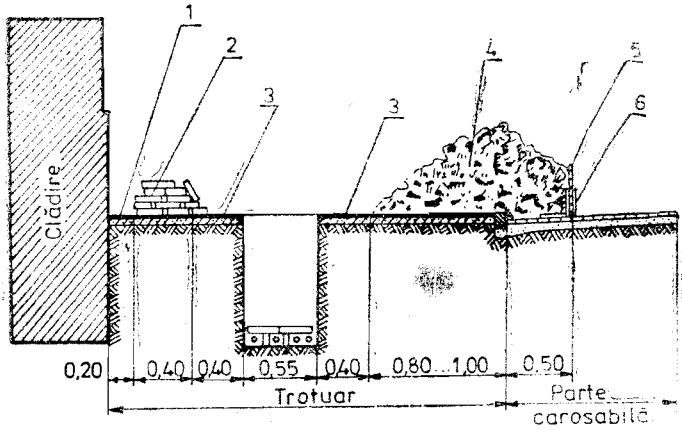
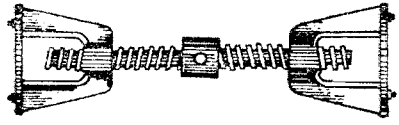


Fig. 18.8. Organizarea depozitării materialelor rezultate din săpătură, la o canalizare electrică:

1 — spațiu liber; *2* — loc pentru depozitat asfalt, beton și piatră; *3* — potecă pentru personalul șantierului; *4* — pământ rezultat din săpătură; *5* — gard din dulapi; *6* — colțari pentru susținerea gardului.

(șpraițuiri) conform NPM (PE 119/87) folosind în acest sens dulapi din lemn, bile sau distanțieri metalici reglabili (fig. 18.9). În ultimul timp, datorită posibilităților de refolosire multiplă, se folosesc dulapi din metal și palplanșe.

Fig. 18.9. Distanțier metalic reglabil.



Pe timp de iarnă, datorită înghețului, se vor evita săpăturile manuale. Dezghețarea pământului cu cocsiere se va face numai în cazuri de avarie (consum mare de combustibil, 10—15 kg/m² la o adîncime de 0,40 m și la o temperatură a mediului ambiant de —15°C).

În cazul în care este necesară desfacerea profilului de pe cablurile existente, atunci cărămizile, benzile avertizoare, plăcile din material plastic și distanțierele dintre cabluri se recuperează și se stivuesc pe trotoare sau la organizarea șantierului. Muncitorii vor fi echipați cu cisme dielectrice, mănuși de cauciuc, peste care se vor folosi mănuși de doc.

Nisipul (sau pământul cernut) de pe cabluri se va depozita în grămezi distincte, spre zona carosabilă.

Cablurile existente și manșoanele nu se vor lăsa suspendate, ci vor fi sprijinite pe jgheaburi sau pe scînduri de lemn.

În cazul în care nu există instalații edilitare, săpătura se va executa integral mecanizat folosind în acest scop mașini și utilaje de săpat tip ETT—161, ETT—201, excavatoare tip E—1514, excavatoare Castor P—601, S—601, P—401, S—401, honuri sau utilajul nou multifuncțional

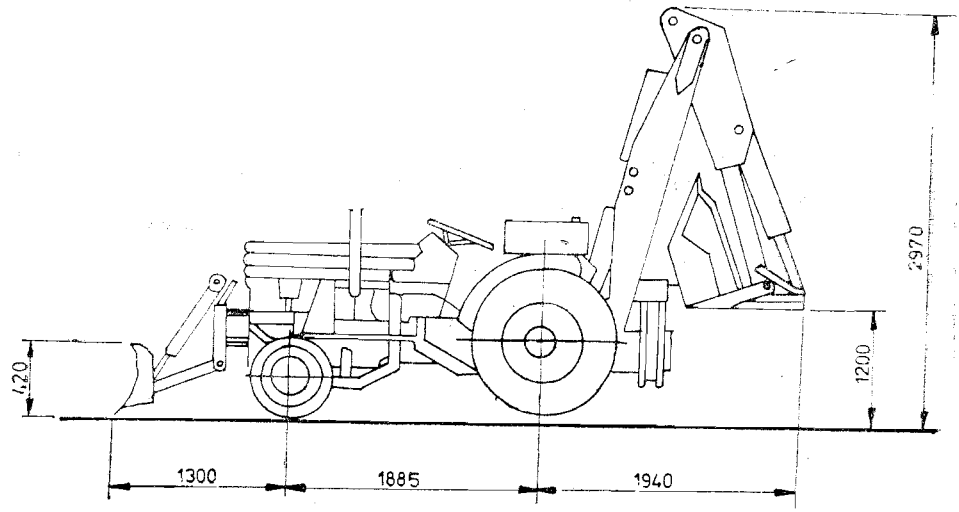


Fig. 18.10. Utilaj multifuncțional pentru săpat șanțuri, tip BE-45.

pentru săpat șanțuri BE 45 ($LlI = 5125 \times 1420 \times 2970$ mm, dimensiuni în poziție de transport, masa 2575 kg, lățimea șanțului 400 mm, adîncimea șanțului 1500 mm, motor-tractor universal 45 CP ; se poate utiliza la săpături, nivelări, încărcare pămînt. Producător UARMT Cîmpina ; fig. 18.10).

18.1.4.5. **Pozarea cablurilor**

Înainte de începerea pozării cablurilor se efectuează :

— verificarea vizuală în depozit a tamburului cu cablu (dacă se păstrează etanșeitatea capsulelor de la capete și dacă spirele cablului nu sînt deteriorate) ;

— controlul șanțului ;

— curățarea tuburilor din traversări ;

— controlul, curățarea și ungerea rolelor de cablu (role de tambur, role normale, role pe colț și eventuale role acționate electric sau mecanic) ;

— controlul utilajelor de tras cablu (trolii mecanice sau electrice, mașini tip LEA pentru tras cablu) ;

— controlul, în teren, a cablului de pe tamburi ;

— montarea capetelor de tras cablu (pe conductor sau ciorap de tras cablu) ;

— verificarea dinamometrului pentru indicarea efortului de tragere.

Se așează pe poziție tamburul cu cablu (loc plan și bine curățat), la locul stabilit în urma calculelor efectuate pentru forța de tragere (F_t trebuie să fie minimă), lateral la circa 4—5 m de șanț sau la unul din capetele șanțului la 4—5 m distanță.

Se ridică tamburul pe vinciuri corespunzătoare greutății tamburului la circa 10—15 cm de pămînt prin intermediul unei axe de oțel, astfel încît cablul să fie derulat pe la partea superioară.

1. *Desfășurarea și pozarea mecanizată.* În afara mașinilor autospeciale tip LEA pentru tras cablu (trolii cu circa 300—500 m cablu de oțel), a troliilor mecanice sau electrice, UARMT Cîmpina a realizat un dispozitiv de tras cabluri, de dimensiuni mici avînd următoarele caracteristici:

— dimensiuni de gabarit $Llh = 900 \times 400 \times 800$ mm;
— forța de tragere 300 — 1 000 daN;
— viteza de tragere 6—22 m/min;
— lungimea cablului de oțel 300 m;
— masa circa 200 kg;
— motor mobra de 4 CP;
— consum combustibil: 3400 g/CP.

Pentru desfășurarea cablului se așează rolele de colț astfel încît să se respecte raza de curbură. Se montează rola de tambur la circa 3 m de tambur. Se montează pîiniile în tuburile de la traversări.

Se derulează cablul de oțel manual (fir pilot) de la utilajul de tragere pînă la tambur. Se derulează manual 7—8 m cablu trecîndu-l peste rola de tambur. Se leagă cablul de oțel la capătul cablului, fie printr-un ciorap de tras cablu, cînd efortul de tragere este mic (fig. 18.11), fie printr-un cap special care face tracțiunea prin conductori, cînd efortul de tragere este mai mare (fig. 18.12). Legarea cablului de oțel la capătul cablului se face prin intermediul unei piese de oțel *„vîrtej"*, care permite răsucirea cablului de oțel în timpul tracțiunii.

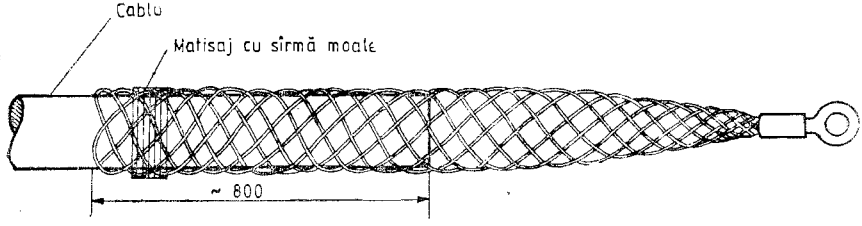


Fig. 18.11. Ciorap de tragere.

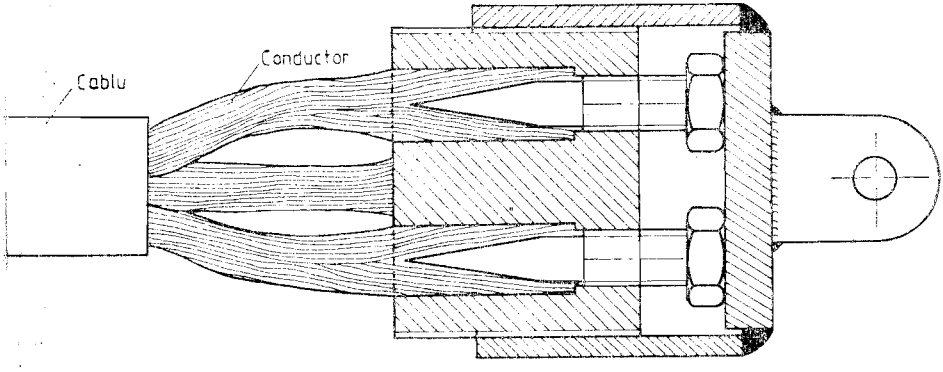


Fig. 18.12. Cap de tragere a cablurilor electrice trifazate cu prinderea pe conductor.

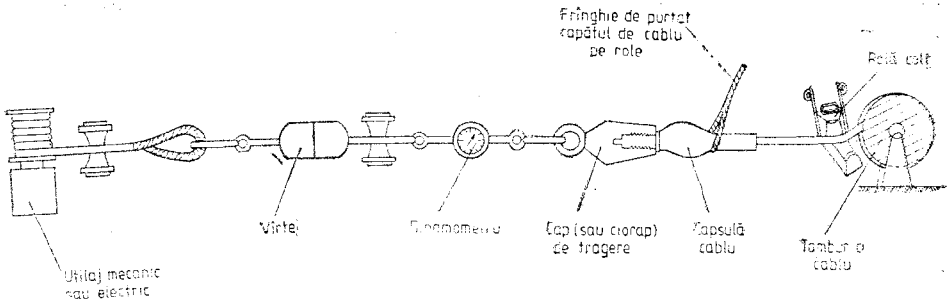


Fig. 18.13. Desfășurarea și pozarea mecanizată a cablurilor de energie electrică.

Schema de principiu pentru tragerea mecanizată a cablurilor este arătată în fig. 18.13.

Pe parcursul tragerii se vor folosi muncitori dotați cu stații de emisie-recepție pentru supraveghere la curbe, la traversări, la utilajul de tras și la tambur. Un muncitor va urmări capătul de cablu și îl va ajuta la trecerea lui peste role. În caz de necesitate se comandă oprirea tragerii.

2. *Desfășurarea și pozarea manuală.* Se utilizează în general pentru trasee scurte. Ca și la desfășurarea mecanizată se montează rolele, apoi se începe derularea cablului prin rotirea tamburului. Capătul cablului se lasă în șanț și se așează pe primele role. Se derulează cablul prin purtarea lui de către muncitori, după care este luat de pe role și pus în șanț.

Cînd șanțul este foarte îngust și lungimea cablului este mică, se poate face defășurarea lui pe role așezate pe marginea șanțului sau prin purtarea pe umeri de către muncitori, apoi cablul se așează în șanț.

Dacă traseul este fără obstacole (subtraversări etc.), cablul poate fi derulat pe marginea șanțului prin metoda tamburului mobil, tamburul fiind montat pe un cărucior tractat în lungul traseului.

3. *Trecerea cablurilor prin subtraversări.* Indiferent de metoda de desfășurare, la subtraversări trebuie luate o serie de măsuri specifice.

Astfel, tuburile trebuie bine verificare și curățate, pentru micșorarea frecării, se recomandă ungerea cablurilor la intrarea în tub cu o pastă subțire, obținută prin amestecarea într-o găleată a prafului de talc cu apă.

Tragerea prin tuburi se face numai cu ajutorul ciorapului sau capului de tragere. Pentru ușurarea intrării în tub la intrare se montează o pîlnie.

18.1.4.6. Lucrări finale

După desfășurarea și pozarea cablului pe toată lungimea unui tronson, se evacuează din șanț rolele de tragere, se așează cablul pe locul fixat conform proiectului și se marchează din 10 în 10 m, cu etichete din bandă de *PVC* cu lățimea de 20 mm și grosimea de 3 mm, pe care se notează : simbolul cablului, distanța, tensiunea și anul de instalare. Apoi se aruncă pe fundul șanțului un strat de circa 10 cm pămînt cu granulație fină (sub

30 mm) și se ridică deasupra acestuia cablul; în continuare se mai aruncă peste cablu un strat de circa 25—30 cm din același fel de pămînt, pentru ca după compactare să fie de 10—15 cm.

Dacă proiectul prevede, în loc de pămînt cu granulație fină se folosește nisip.

În continuare se așează folii avertizoare din mase plastice și deasupra pămînt neprelucrat, pînă la umplerea șanțului.

Astuparea se face în straturi succesive de 20 cm, udate și bine bătute cu maiuri mecanice sau electrice sau, în lipsă, cu maiuri manuale.

În figurile 18.14 și 18.15 sînt redate cîteva din profilurile cele mai obișnuite de pozare a cablurilor.

În final se execută refacerea pavajelor, așa cum au fost acestea înainte de începerea săpăturilor (se recomandă ca această operație să se execute de către întreprinderi de specialitate).

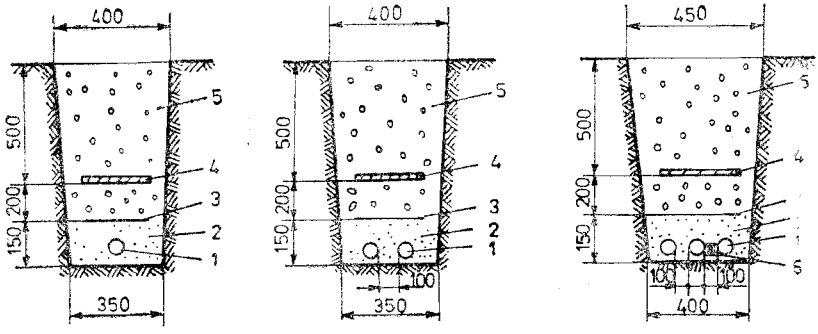


Fig. 18.14. Profiluri de pozare a cablurilor folosind folii avertizoare din mase plastice:

1 — cablu; *2* — pămînt prelucrat (nisip); *3* — folie din polietilenă; *4* — folie-bandaj din mase plastice inscripționate; *5* — pămînt neprelucrat; *6* — distanțier din mase plastice (între cabluri IT).

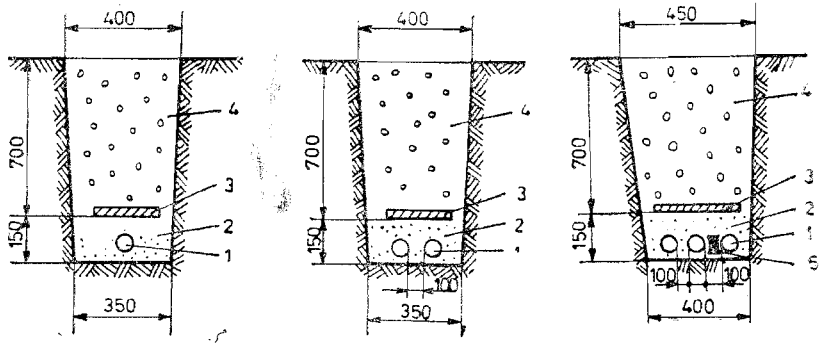


Fig. 18.15. Profiluri de pozare a cablurilor folosind ca strat avertizor plăci din mase plastice:

1 — cablu; *2* — pămînt prelucrat (nisip); *3* — placă din mase plastice inscripționată; *4* — pămînt neprelucrat; *5* — distanțier din mase plastice (între cabluri IT).

18.1.5. Calculul forțelor de tragere la pozarea mecanizată a cablurilor

Tragerea mecanizată a cablurilor se poate face cu ajutorul unui ciorap (fig. 18.11), aplicînd forța de tragere în cea mai mare parte mantalei și învelișului exterior al cablului sau cu ajutorul unui cap special de tragere (fig. 18.12) în care caz forța de tragere se aplică direct conductoarelor.

Este necesar să se verifice dacă efortul de tracțiune nu depășește valorile admisibile pentru tipul de cablu avut în vedere.

În cazul ciorapului de tragere efortul maxim admisibil se calculează cu relația:

$$F_a = KD^2 \text{ [daN]};$$

D — diametrul exterior al cablului [mm];
$K = 0{,}5$ pentru cabluri cu izolație sintetică nearmate;
$K = 1{,}2$ pentru cabluri cu izolație sintetică armate;
$K = 0{,}3$ pentru cabluri cu izolație de hîrtie, armate și nearmate.

În cazul capului de tragere se folosește relația:

$$F_a = \sigma_a S \text{ [daN]};$$

S — secțiunea conductoarelor [mm²];
$\sigma_a = 3$ daN/mm² pentru cabluri cu conductoare din aluminiu;
$\sigma_a = 5$ daN/mm² pentru cabluri cu conductoare din cupru.

Forța de trager în capul cablului se calculează astfel:
1) *Pe traseu drept neînclinat:*

$$F_t = F_0 + \mu GL \text{ [daN]};$$

$F_0 = 100 \ldots 150$ daN — forța necesară învîrtirii tamburului; G — greutatea liniară a cablului [daN/m]; L — lungimea de calcul a traseului în amonte de punctul considerat pentru calcul [m]; μ — coeficientul de frecare, avînd valorile orientative din tabelul 18.5.

Tabelul 18.5

Valorile coeficienților de frecare μ la tragerea cablurilor

Traseul cablului	Amestecul de ungere pe cablu	μ
Șanț deschis cu tragere pe role	—	0,10—0,20
Traversări în tuburi de ciment sau azbociment	—	0,40—0,50
Idem	Talc cu apă	0,30
Idem	Bentonită cu apă	0,20
Traversări în tuburi *PVC*	—	0,30
Idem	Talc cu apă	0,20—0,25
Idem	Bentonită cu apă	0,15—0,20

2) *Pe traseu înclinat:*
La tragerea se face în sus:

$$F = F_0 + GL(\mu \cos \alpha + \sin \alpha).$$

Dacă tragerea se face în jos :

$$F = F_0 + GL\,(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)\,;$$

α este unghiul pantei cu orizontala.

3) *La tragerea după o curbă (în plan orizontal) :*

$$F_e = \mu G[L_i \mathrm{ch}\,(\mu\alpha) + sh\,(\mu\alpha)\sqrt{L_i^2 + (R/\mu)^2}] =$$
$$= \mu G L_i[\mathrm{ch}\,(\mu\alpha) + \mathrm{sh}\,(\mu\alpha)\sqrt{1 + R^2/\mu^2 L_i^2}] =$$
$$= F_i[\mathrm{ch}\,(\mu\alpha) + \mathrm{sh}\,(\mu\alpha)\sqrt{1 + (R/\mu L_i)^2}]\,;$$

F_e este forța de tragere la ieșirea din curbă, [daN] ; F_i — forța de tragere la intrarea în curbă, [daN] ; L_i — lungimea de calcul a traseului înainte de curbă [m] ; α — unghiul de curbură [rad] ; R — raza de curbură [m].

În cazul în care $\mu L_i/R \geqslant 10$, se poate neglija termenul $R^2/\mu^2 L_i^2$ și avînd în vedere că :

$$\mathrm{ch}\,(\mu\alpha) = \frac{e^{\mu\alpha} + e^{-\mu\alpha}}{2} \quad \text{și} \quad \mathrm{sh}\,(\mu\alpha) = \frac{e^{\mu\alpha} - e^{-\mu\alpha}}{2},$$

rezultă *formula simplificată aproximativă :*

$$F_e = F_i e^{\mu\alpha},$$

care se poate folosi în majoritatea cazurilor.

În cazul curbelor este necesar să avem în vedere și forțele radiale, care nu trebuie să depășească :

50 daN/rolă la cabluri cu manta de plumb ;
100 daN/rolă la cablurile cu manta de aluminiu.

Forța radială se poate calcula cu relația :

$$F_R = F_e/R\,;$$

F_e — forța la ieșirea din curbă [daN] ; R — raza de curbură impusă de furnizor sau prevăzută în tabelul 18.1.

În tabele 18.6, 18.7, 18.8, 18.9 și 18.10 se dau valorile calculate pentru $\mu \cos \alpha + \sin \alpha$, $\mu \cos \alpha - \sin \alpha$, $\mathrm{ch}\,(\mu\alpha)$, $\mathrm{sh}\,(\mu\alpha)$ și $e^{\mu\alpha}$, pentru diferite valori ale lui μ, α și β.

Tabelul 18.6

Valorile funcției trigonometrice $\mu \cos \alpha + \sin \alpha$

α° \ μ	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5
10	0,2721	0,3200	0,3706	0,4198	0,4690	0,5675	0,6660
15	0,3554	0,4370	0,4520	0,5003	0,5486	0,6532	0,7418
20	0,4360	0,4829	0,5300	0,5769	0,6239	0,7179	0,8119
30	0,5866	0,6299	0,6732	0,7165	0,7598	0,8464	0,9330
40	0,7194	0,7577	0,7960	0,8343	0,8726	0,9492	1,0250
45	0,7778	0,8131	0,8485	0,8639	0,9192	0,9899	1,0607
50	0,8303	0,8624	0,8946	0,9267	0,9588	1,0231	1,0874
60	0,9160	0,9410	0,9660	0,9910	1,0160	1,0660	1,1160
70	0,9739	0,9909	1,0081	1,0252	1,0423	1,0765	1,1107
80	1,0022	1 0108	1,0195	1,0282	1,0369	1,0542	1,0716
90	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Tabelul 18.7

Valorile funcției trigonometrice $\mu \cos \alpha - \sin \alpha$

α° \ μ	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5
10	—0,0751	—0,0259	0,0234	0,0726	0,1218	0,2203	0,3188
15	—0,1622	—0,1139	—0,0656	—0,0173	0,0310	0,1356	0,2242
20	—0,2480	—0,2010	—0,1541	—0,1070	—0,0601	0,0339	0,1279
30	—0,4134	—0,3700	—0,3268	—0,2835	—0,2402	—0,1536	—0,0670
40	—0,5662	—0,5278	—0,4896	—0,4513	—0,4130	—0,3364	—0,2598
45	—0,6364	—0,6010	—0,5657	—0,5303	—0,4950	—0,4243	—0,3536
50	—0,7017	—0,6696	—0,6374	—0,6053	—0,5732	—0,5089	—0,4446
60	—0,8160	—0,7910	—0,7660	—0,7410	—0,7160	—0,6660	—0,6160
70	—0,9055	—0,8883	—0,8713	—0,8542	—0,8371	—0,8029	—0,7687
80	—0,9674	—0,9587	—0,9501	—0,9414	—0,9327	—0,9154	—0,8980
90	—1,0000	—1,0000	—1,0000	—1,0000	—1,0000	—1,0000	—1,0000

Tabelul 18.8

Valorile funcției hiperbolice $\mathrm{ch}\,(\mu\alpha)$

α° \ μ	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5
10	1,000	1,000	1,000	1,001	1,001	1,002	1,004
15	1,000	1,001	1,001	1,002	1,003	1,006	1,008
20	1,000	1,001	1,002	1,004	1,005	1,010	1,014
30	1,001	1,003	1,005	1,008	1,012	1,022	1,034
40	1,002	1,005	1,010	1,015	1,022	1,039	1,062
45	1,003	1,007	1,013	1,019	1,029	1,048	1,077
50	1,004	1,009	1,015	1,024	1,034	1,062	1,098
60	1,005	1,012	1,022	1,034	1,048	1,090	1,138
70	1,007	1,017	1,030	1,047	1,069	1,122	1,192
80	1,010	1,022	1,039	1,062	1,090	1,161	1,255
90	1,013	1,028	1,050	1,078	1,112	1,205	1,329

Tabelul 18.9

Valorile funcției hiperbolice $\mathrm{sh}\,(\mu\alpha)$

α° \ μ	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5
10	0,0174	0,026	0,0349	0,0436	0,0523	0,0698	0,0873
15	0,0261	0,039	0,0523	0,0654	0,0786	0,1049	0,1313
20	0,0349	0,052	0,0698	0,0873	0,1049	0,1400	0,1754
30	0,0523	0,079	0,1049	0,1313	0,1576	0,2108	0,2648
40	0,0698	0,105	0,1400	0,1753	0,2109	0,2828	0,3561
45	0,0786	0,118	0,1577	0,1974	0,2377	0,3193	0,4029
50	0,0873	0,131	0,1757	0,2196	0,2648	0,3561	0,4503
60	0,1049	0,158	0,2107	0,2647	0,3194	0,4312	0,5536
70	0,1224	0,184	0,2466	0,3100	0,3747	0,5082	0,6494
80	0,1400	0,211	0,2825	0,3563	0,4312	0,5879	0,7562
90	0,1576	0,238	0,3191	0,4030	0,4888	0,6704	0,8687

Tabelul 18.10

Valorile funcției exponențiale $e^{\mu\alpha}$

α° \ μ	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5
10	1,018	1,027	1,035	1,045	1,054	1,072	1,091
15	1,027	1,040	1,054	1,068	1,082	1,11	1,14
20	1,035	1,054	1,072	1,091	1,11	1,15	1,19
30	1,054	1,082	1,11	1,14	1,17	1,23	1,30
40	1,072	1,110	1,15	1,19	1,23	1,32	1,41
45	1,082	1,125	1,17	1,22	1,27	1,37	1,48
50	1,091	1,14	1,19	1,24	1,30	1,42	1,55
60	1,11	1,17	1,24	1,30	1,37	1,52	1,69
70	1,13	1,20	1,28	1,36	1,44	1,63	1,85
80	1,15	1,23	1,32	1,42	1,52	1,75	2,01
90	1,17	1,27	1,37	1,48	1,60	1,87	2,19

EXEMPLU DE CALCUL.

Se ia în considerare montarea unui cablu pe un traseu complex cu pante și curbe ca în fig. 18.16. Secțiunea conductoarelor este $S = 450$ mm²; diametrul cablului $D = 80$ mm. Pe porțiunea de lîngă tambur panta coboritoare este de 30°, iar greutatea liniară a cablului $G = 5{,}6$ daN/m.

$$F_1 = F_0 + GL(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = 150 + 5{,}6 \times 60(0{,}15 \cos 30° - \sin 30°) = 26 \text{ daN};$$

$$F_2 = F_1 e^{\mu\alpha} = 26 \times e^{0{,}2 \times 0{,}524} = 26 \times 1{,}08 = 29 \text{ daN};$$

$$F_3 = F_2 + \mu GL = 29 + 0{,}15 \times 5{,}6 \times 150 = 29 + 126 = 155 \text{ daN};$$

$$F_4 = F_3 e^{\mu\alpha} = 155 \times e^{0{,}2 \times 1{,}047} = 155 \times 1{,}24 = 192 \text{ daN};$$

$$F_5 = F_t = F_4 + \mu GL = 192 + 0{,}15 \times 5{,}6 \times 290 = 436 \text{ daN};$$

$$F_a = \sigma_a S = 3 \times 450 = 1350 \text{ daN} - \text{conductoare Al};$$

$$F'_a = \sigma'_a S = 5 \times 450 = 2250 \text{ daN} - \text{conductoare Cu}.$$

Rezultă că F_t nu depășește forța admisibilă, nici pentru conductoare din Cu, nici pentru cele din Al.

Forțele radiale:

$$F_{R2} = F_2/R = F_2/15\ D = 29/(15 \times 0{,}08) = 24 \text{ daN};$$

$$F_{R4} = F_4/R = 192/(15 \times 0{,}08) = 160 \text{ daN}.$$

Se observă că F_{R4} depășește forța radială admisibilă, atît pentru cablurile cu manta de plumb, cît și pentru cele cu manta de aluminiu. În acest caz *numărul de role de colț* va fi:

$$n_4 = F_{R4}/F_a = 160/50 = 3{,}2 \rightarrow 4 \text{ role pentru cabluri cu manta de plumb};$$

$$n'_4 = 160/100 = 1{,}6 \rightarrow 2 \text{ role pentru cabluri cu manta de aluminiu}.$$

În cazul în care s-ar inversa poziția tamburului de cablu cu al utilajului de tras cablu forțele (cu notațiile în paranteze pe fig. 18.16) vor fi:

$$F_1 = F_0 + \mu GL = 150 + 0{,}15 \times 5{,}6 \times 290 = 150 + 244 = 394 \text{ daN};$$

$$F_2 = F_1 e^{\mu\alpha} = 394 \times 1{,}08 = 426 \text{ daN};$$

$$F_3 = F_2 + \mu GL = 426 + 0{,}15 \times 5{,}6 \times 150 = 426 + 126 = 552 \text{ daN};$$

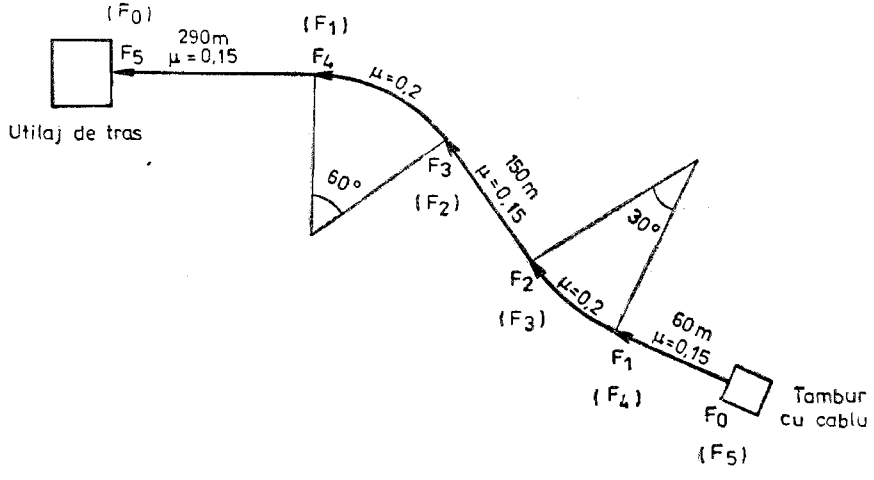


Fig. 18.16. Schema de calcul pentru montarea unui cablu pe un traseu cu curbe și pante.

$F_4 = F_3 e^{\mu\alpha} = 552 \times 1{,}24 = 684$ daN;

$F_5 = F_t = F_4 + GL(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 684 + 5{,}6 \times 60(0{,}15 \cos 30° + \sin 30°) =$
$= 684 + 5{,}6 \times 60 \times 0{,}63 = 896$ daN;

$F_{R2} = F_2/R = 426/15 \times 0{,}08) = 355$ daN;

$F_{R4} = F_4/R = 684/(15 \times 0{,}08) = 570$ daN.

Rezultă un număr mare de role:

1) *Pentru manta de plumb:*

$$n_2 = 355/50 = 7{,}10 \rightarrow 7-8 \text{ role}; \quad n_4 = 570/50 = 11{,}4 \rightarrow 12 \text{ role}.$$

2) *Pentru manta de aluminiu:*

$$n_2' = 355/100 = 3{,}55 \rightarrow 4 \text{ role}; \quad n_4' = 570/100 = 5{,}7 \rightarrow 6 \text{ role}.$$

În varianta a doua forța de tragere este mult mai mare (≈dublă), de asemenea numărul de role necesare este mai mare. Se poate trage concluzia că locul de montaj al tamburului este bine să fie ales cît mai aproape de curbe și pe cît posibil să se profite de eventualele pante.

18.1.6. **Pozarea cablurilor pe timp friguros**

În general pozarea cablurilor de forță pe timp friguros se face pînă la temperatura de +5 °C fără măsuri speciale. Este bine să se evite, pe cît posibil, pozarea la temperaturi sub +5 °C. În cazul că totuși nu se poate evita pozarea la temperaturi mai joase, este necesar să se ia măsuri de încălzire a cablurilor.

Încălzirea se poate face indirect, prin amplasarea tamburelor cu cablu în încăperi încălzite (magazii, barăci, corturi etc.), sau direct, prin trecerea unui curent electric prin cablu.

Durata încălzirii indirecte depinde de temparatura realizată în încăpere și va fi aproximativ de:

- minimum 3 zile pentru temperaturi de la +5° la +10 °C;
- minimum 1—1,5 zile pentru temperaturi de la +10° la 25 °C;
- minimum 18 ore pentru temperaturi de la +25 °C la 40 °C.

Măsurarea temperaturii cablului se face cu termocuple.

După încălzire, cablul trebuie pozat într-un timp foarte scurt (15—45 min.), înainte ca temperatura lui să coboare sub +5 °C.

Încălzirea directă electrică este cea mai rapidă metodă, însă necesită un consum mare de energie electrică.

Încălzirea se poate face în curent continuu cu ajutorul convertizoarelor CES—500 A, 28 kW.

Schema de legături este arătată în fig. 18.17, pentru încălzire folosind numai conductoarele. Se mai poate face încălzirea între conductor și armături, mantaua metalică sau ecran.

În tabelul 18.11 se indică modul de folosire a grupului de sudură CES—500 A la încălzirea cablurilor trifazate cu izolație din *PVC*.

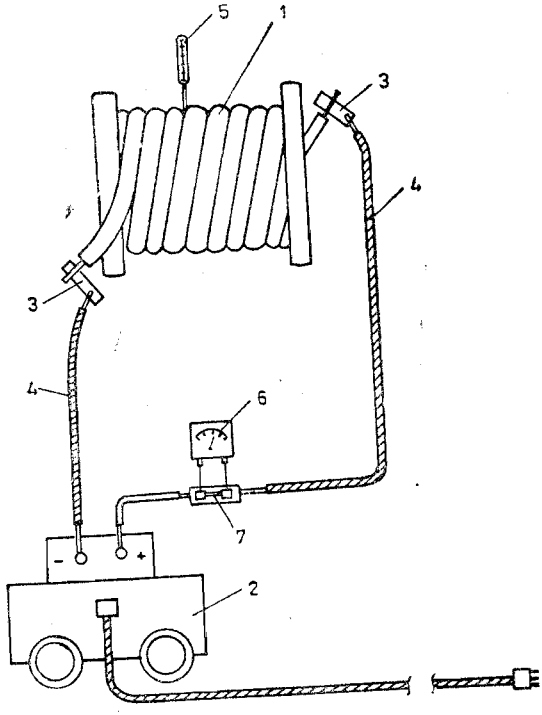


Fig. 18.17. Încălzirea electrică a cablurilor:
1 — cablu; *2* — grup convertizor; *3* — cleme de legătură; *4* — cordoane de legătură; *5* — termometru; *6* — ampermetru 0-300 A; *7* — șunt.

Tabelul 18.11

Folosirea grupului de sudură CES—500 A la încălzirea cablurilor trifazate cu izolație din *PVC*

Secțiunea conductorului [mm²]	Funcționarea	Lungimea cablului [m]						
		100	150	200	300	450	600	1000
150	Nr. conductori serie	3	3	3	3	2	2	1
	I_{adm} [A]	205	205	205	205	205	205	205
	Comutator curent	2C	3C(2C)	3C	3C	3C	4C	3C(4C)
	U_{lucru} [V]	12	16	25	38	38	50	38
120	Nr. conductori serie	3	3	3	3	2	2	1
	I_{adm} [A]	180	180	180	180	180	180	180
	Comutator curent	2C	3C	3C	3C(4C)	3C(4C)	3C	4C
	U_{lucru} [V]	14	20	28	42	42	30	48
95	Nr. conductori serie	3	3	3	3	2	2	1
	I_{adm} [A]	150	150	150	150	150	150	150
	Comutator curent	2C	2C	3C	3C(4C)	3C(4C)	4C	3C(4C)
	U_{lucru} [V]	18	24	30	46	45	60	46
70	Nr. conductori serie	3	3	3	3	2	2	1
	I_{adm} [A]	130	130	130	130	130	130	130
	Comutator curent	1C(2C)	2C	3C	3C(4C)	3C(4C)	3C	3C(4C)
	U_{lucru} [V]	18	25	34	50	50	34	56
50	Nr. conductori serie	3	3	3	2	1	1	1
	I_{adm} [A]	105	105	105	105	105	105	105
	Comutator curent	1C(2C)	2C	3C	3C	2C	3C	4C
	U_{lucru} [V]	20	30	40	40	30	40	65

18.1.7. Montarea cablurilor în aer

În aceste condiții cablurile sînt fixate cu bride pe console și construcții metalice conform datelor din proiect (v. tabelele 14.13 ... 14.16).

Distanțele minime între cablurile pozate în aer și instalații tehnologice sînt date în tabelul 18.12.

Tabelul 18.12

Distanțele minime dintre cablurile pozate în aer și instalațiile tehnologice

Nr. crt.	Denumirea instalației tehnologice		Distanța minimă [m]		Observații
			Intersecții	Apropieri	
1	Conducte sau rezervoare cu fluide reci ($t \leqslant +40\,°C$)	Incombustibile	3	5	—
		Combustibile	50	100	Distanțele se pot reduce pînă la montarea pe conductă sau rezervor dacă cablul este armat sau protejat în țeavă metalică
2	Conducte sau instalații cu suprafețe calde ($t_{izolație} > +40\,°C$)		50	100	Distanțele se pot reduce în condițiile în care cablurile sînt rezistente la temperatura respectivă sau sînt protejate termic (paravane termice, izolare în azbest etc.)
3	Conducte de aer comprimat		20	20	Nu se normează în cazul conductelor cu presiunea aerului sub 12 daN/cm² care deservesc instalațiile electrice
4	Instalații care prelucrează materiale combustibile solide, inclusiv depozitarea materialelor respective		100	100	În funcție de condițiile locale, distanțele se majorează conform prevederilor din normele specifice tehnologiei sau mediului respectiv

Notă. Distanțele indicate la pct. 4 nu se aplică pe porțiunea de intrare a cablurilor pentru alimentarea instalațiilor respective.

18.1.8. Măsuri speciale la pozarea cablurilor de 110—400 kV

La pozarea cablurilor cu tensiuni de 110 kV și mai mari, în afară de atenția specială ce trebuie acordată la transport, manipulare și depozitare *este necesar să se ia o serie de măsuri suplimentare față de cablurile de medie și joasă tensiune,* din care menționăm:

— desfășurarea și pozarea se va face numai mecanizat, preferabil cu cap de tragere de conductor;

— în cazul tragerii cablului cu izolație uscată, prin aplicarea forței asupra mantalei exterioare din *PVC* sau *PE* sau asupra izolației prin intermediul ciorapului de tras se poate folosi formula:

$$F_t = \sigma_a S;$$

$\sigma_a = 1$ daN/mm²; S = secțiunea mantalei sau izolației [mm²];

— după pozarea cablului și așezarea definitivă în profil se trece la umplerea tuburilor din traversări cu bentonită în una din *variantele de amestec:*

- bentonită 7%, apă 65%, nisip cernut fin 20%, ciment P 400, 8%;
- bentonită 200 g, apă 1000 ml, grafit 180 g;

— În cazul în care la cablurile monofazice, din motive fortuite, adîncimea șanțului nu poate fi conform proiectului, se modifică distanța între faze, conform curbelor $d = f(H)$, care se dau în proiect (d — distanța între cabluri și H — adîncimea de pozare);

— *în lipsa acestor curbe se poate folosi formula:*

$$D = d\sqrt{(H/h)^3};$$

D — distanța nouă pentru adîncimea H [m]; d — distanța conform proiectului; H — adîncimea reală; h — adîncimea corespunzătoare distanței d;

— în general, alături de cablurile de 110 kV se pozează și un conductor izolat de cupru sau aluminiu (240—300 mm²), pentru egalizarea potențialului;

— pentru cablurile de 110 kV cu izolație de hîrtie și presiune de ulei, la capătul unde începe pozarea se amenajează o baterie de rezervoare de ulei, care se racordează la capetele cablului și la un degazeificator de ulei (fig. 18.18).

Presiunea în rezervoarele de ulei se va menține la nivelul presiunii maxime prescrise de furnizor (de obicei pe rezervor).

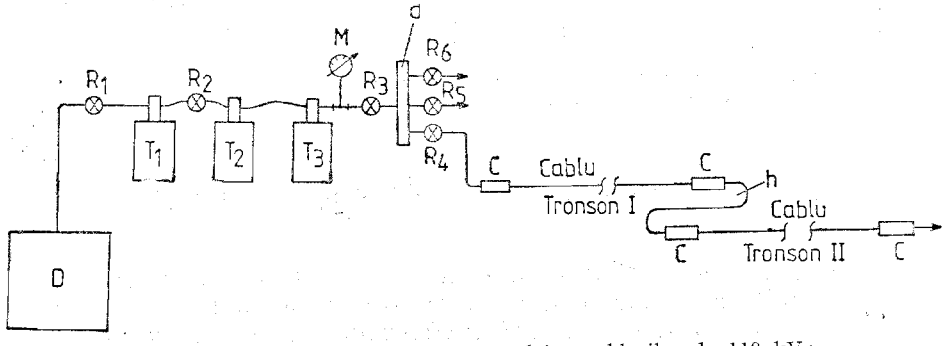


Fig. 18.18. Schema de alimentare cu ulei a cablurilor de 110 kV;
D — degazeificator; $T1$, $T2$, $T3$ — rezervoare (tancuri) speciale de ulei; R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6 — robinete; d — distribuitor de ulei; c — capsulă cablu; h — legătură hidraulică între tronsoane (țeavă cupru sau plumb); M — manometru pentru ulei.

18.2. Îmbinarea conductoarelor

18.2.1. Generalităţi

Condiţiile tehnice impuse îmbinărilor (joncţiunilor) se referă la mediu şi climă, protecţia anticorozivă, stabilitatea faţă de solicitări electrice şi mecanice, fiabilitate, calitatea materialelor, calitatea suprafeţelor de contact etc.

Prin standardul CAER 4440/83 sînt stabilite 4 clase de joncţiuni şi condiţiile tehnice pe care trebuie să le satisfacă îmbinările din fiecare clasă:

Clasa 1 joncţiuni ale căilor de curent la care secţiunea conductoarelor se alege pe baza densităţii de curent admisibile pentru regim permanent de lucru.

Clasa 2 joncţiuni ale căilor de curent la care secţiunea conductoarelor se alege pe baza densităţii de curent admisibile în regim de scurtcircuit şi de suprasarcină.

Clasa 3 racorduri ale căilor de curent la aparate sau dispozitive electrotehnice a căror funcţionare este însoţită de degajarea unei cantităţi mari de căldură (încălzitoare, rezistoare etc.).

Clasa 4 joncţiuni ale căilor de curent la care secţiunea conductoarelor este aleasă după criteriul căderii sau pierderii de tensiune, sau al densităţii economice de curent.

Condiţiile de climă şi mediu sînt impuse prin STAS-urile 6535, 6667 şi 6692.

În linii generale îmbinările trebuie să asigure un timp îndelungat, fără deteriorări, trecerea curenţilor normali de sarcină, de suprasarcină şi de scurtcircuit în condiţiile specifice ale mediului şi climei, precum şi ale solicitărilor mecanice datorate forţelor electrodinamice, vibraţiilor şi deformaţiilor cauzate de temperaturile ridicate.

Aceste condiţii sînt realizate dacă:

— rezistenţa de trecere de contact sau căderea de tensiune pe zona îmbinării nu depăşeşte pe cea măsurată pe o porţiune identică a conductorului;

— îmbinarea nu se supraîncălzeşte;

— la dilatări termice şi solicitări mecanice îmbinarea are o rezistenţă mecanică cel puţin egală cu a conductorului.

Principalele metode de îmbinare a conductoarelor cablurilor sînt: prin lipire; prin presare la rece; prin îmbinare mecanică; prin sudură (cu flacără de gaze, electrică sau aluminotermică).

18.2.2. Îmbinarea conductoarelor prin lipire

Comportă următoarele operaţiuni principale:

— pregătirea capetelor de cablu, curăţarea şi aşezarea pe suporţi;

— tăierea cablului;

— îndepărtarea învelişurilor exterioare ale cablului;

— desizolarea capetelor conductoarelor pe o porțiune egală cu circa o jumătate din mufa de înnădire (la manșoane) sau lungimea de intrare în papuc (la capetele terminale), plus 10—20 mm;

— degresarea suprafețelor de lipit;

— îndepărtarea stratului de oxid de aluminiu cu ajutorul unei perii de sîrmă, de pe suprafețele care urmează a se lipi;

— metalizarea suprafețelor conductoarelor de aluminiu folosind aliaj AS—30 (v. tabelul 17.4);

— strîngerea firelor și lipirea pe suprafața exterioară cu aliaj LP 60 sau LP 50;

— pregătirea clemelor, mufelor sau papucilor (v. figurile 15.14; 15.15; 15.16; 15.18; 15.20; 16.16; 16.17 și tabelele corespunzătoare);

— introducerea conductoarelor în cleme, mufe sau papuci;

— încălzirea îmbinării la flacăra unei lămpi de benzină sau a unui arzător adaptat la o butelie „Turist" (furnizor SUCRE-Cîmpina) și introducerea de aliaj de lipit în spațiul rămas liber între conductor și clemă.

Lipirea conductoarelor de cupru se face la fel ca la aluminiu, cu deosebirea că nu mai este necesară metalizarea, iar înainte de utilizarea aliajului de lipit conductoarele se ung cu pastă decapantă.

18.2.3. Îmbinarea conductoarelor prin presare la rece

Îmbinarea se realizează prin intermediul mufelor sau papucilor (cum sînt cele din figurile 15.17 și 16.19 și tabelele corespunzătoare) folosind prese manuale, prese hidraulice cu acționare manuală, clești hidraulici, clești mecanici sau prese acționate cu motor electric sau termic.

Rezistența electrică de contact mică și rezistența mecanică la tracțiune se realizează prin deformarea remanentă asigurată prin presare.

Înainte de introducerea în mufe, capetele conductoarelor trebuie să fie bine curățate de stratul de oxizi cu o perie de sîrmă și să se aplice pe ele o pastă de contact, de exemplu vaselină tehnică amestecată cu granule fine de zinc; operația trebuie executată cu cel mult 10 min. înaintea presării, avînd în vedere, că pelicula de oxid de aluminiu care se formează într-un timp foarte scurt, influențează negativ rezistența de contact.

Presarea se face dinspre interior spre exterior (fig. 18.19).

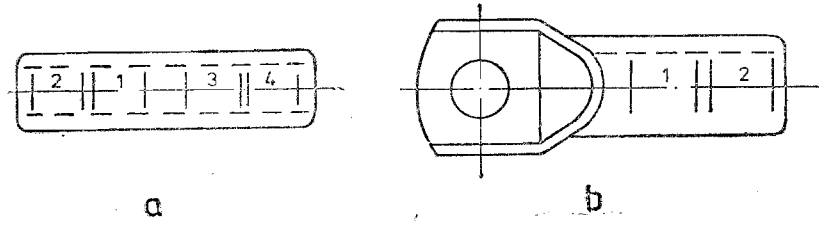


Fig. 18.19. Ordinea de presare a mufelor (*a*) și a papucilor (*b*).

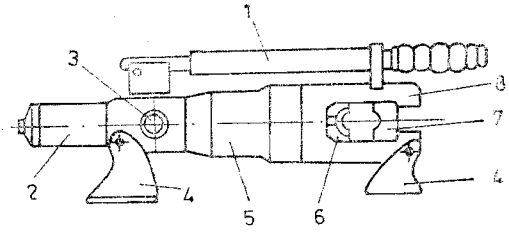


Fig. 18.20. Presă hidraulică tip PH-12:
1 — manivelă; *2* — rezervor; *3* — supapă retur; *4* — picioare de sprijin; *5* — corpul presei; *6* — bac mobil; *7* — bac de sprijin; *8* — cap de presă.

Cele mai des utilizate prese la noi în țară sînt:

— presele hidraulice cu acționare manuală tip PH—400—1 cu trei tipuri de cleşti hidraulici (capete de presare) CLH—8, CLH—25 și CLH—50 fabricate de Întreprinderea Energoreparații București;

— presa hidraulică „6 Martie" Timișoara, dotată cu bacuri de rotunjire, bacuri de presare hexagonală, bacuri pentru confecționarea papucilor direct din conductoarele masive de aluminiu etc.;

— presa hidraulică cu acționare manuală tip PACA—20, TAGIAB-Electrocontact Botoșani;

— presele hidraulice DPHi; PH—4, PH—6 și PH—12 (fig. 18.20) fabricate de SUCRE—Sibiu.

— cleştii manuali pentru presări hexagonale la conductoare cu secțiuni pînă la 120 mm² (eforturi normale pentru un muncitor) și cu secțiuni pînă la 240 mm² (eforturi normale pentru doi muncitori) fabricați de diverși constructori din țară.

Se mai utilizează diferite prese de fabricație străină (U.R.S.S., C.S.R., R.P.P., R.D.G., Franța, R.F.G. etc.).

18.2.4. Îmbinarea mecanică a conductoarelor

Pentru acest gen de îmbinare, care se folosește la executarea manșoanelor de derivație pe cabluri nesecționate de 1 kV, se întrebuințează cleme de derivație demontabile tip CTD (fig. 15.19 și tabelul 15.15), mufe de derivație cu șurub MDStA (fig. 15.21 și tabelul 15.17) și papuci cu strînegere mecanică (fig. 16.18 și tabelul 16.13).

Clemele de derivație se montează pe conductoarele cablului principal, care se desizolează pe o porțiune egală cu lățimea clemelor plus 2—3 mm, iar conductoarele cablului derivat, prevăzut la capete cu papuci se leagă mecanic la clemele de derivație.

18.2.5. Îmbinarea conductoarelor prin sudare

Cele mai des folosite îmbinări prin sudare sînt: cu flacără oxiacetilenică și oxihidrogenică. Se mai folosește sudarea aluminotermică și sudarea cu arc electric.

Pentru sudarea oxiacetilenică se recomandă folosirea arzătorului AST—2 (fabricație IOR—București), la care se pot folosi becurile nr. 2, 3 și 4, conform tabelului 18.13.

Tabelul 18.13

Folosirea arzătorului AST—2 la îmbinarea cablurilor prin sudare oxiacetilenică

Secțiunea conductorului [mm²]	Bec număr	Oxigen		Acetilenă	
		Presiunea [Pa × 10⁵]	Debitul [l/h]	Presiunea [Pa × 10⁵]	Debitul [l/h]
16—50	2	2—3	350	0,1	300
50—180	3	2,5—3,5	550	0,1	500
180—240	4	3—4	800	0,1	750

Oxigenul se păstrează în tuburi de culoare albastră.

Ca material de adaos se folosește sîrmă de aluminiu cu diametrul de 3—5 mm (obținută din cabluri), pentru desoxidare se poate folosi electrodul Ductil D—Al-1 (producător U.S. Buzău) sau fluxul desoxidant format din 50% NaFl + 40% LiFl + 10% Na_3AlF6; pentru degresarea capetelor de îmbinare se recomandă tetraclorura de carbon (CCl_4).

Sudarea oxihidrogenică este mai pură și se recomandă la îmbinarea cablurilor cu tensiuni de 110 kV și cu conductoare din aluminiu.

Hidrogenul se păstrează în tuburi de culoare roșie. Presiunea la ieșire se reglează în jur de 3 kg/cm².

În figura 18.21 este arătat modul de executare a sudurii cu flacără oxiacetilenică sau oxihidrogenică a conductoarelor de aluminiu.

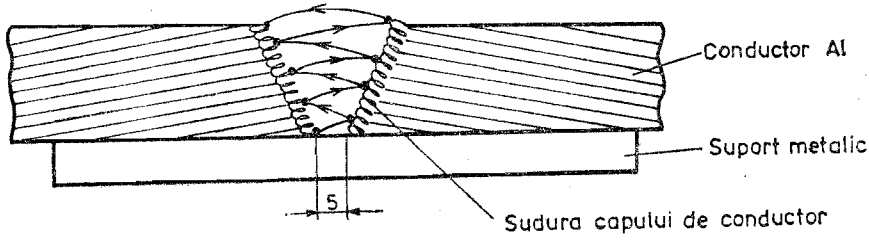


Fig. 18.21. Modul de executare a sudurii la conductoarele de aluminiu.

18.3. Montarea manșoanelor de legătură și de derivație

Protecția exterioară a izolației cablurilor se execută prin:

— manșoane din fontă;
— manșoane de cauciuc;
— manșoane din materiale plastice (polietilenă, *PVC* etc.);

— tuburi termocontractabile din *PVC* sau polietilenă reticulată ;
— carcase exterioare din rășini armate cu fibră de sticlă.

Manșoanele din fontă, cauciuc sau țevi din *PVC* se umplu, de regulă, cu masă izolantă. Manșoanele din țevi de *PVC* și din polietilenă se umplu și cu diverse rășini.

Ținînd seama de diversitatea tipurilor de manșoane și de cabluri, ca și de tensiunile de serviciu, în practică se folosește o întreagă varietate de tehnologii, aplicabile fiecare în parte tipurilor de echipamente folosite. În continuare se va face o descriere generală a principalelor tehnologii.

18.3.1. Montarea manșoanelor pentru cabluri cu izolație de hîrtie și manta de plumb

18.3.1.1. Manșoane de legătură la cabluri de 1 kV cu izolație de hîrtie

Organizarea locului de muncă comportă următoarele operații :
— verificarea dimensiunilor gropii manșonului (fig. 18.22) ;

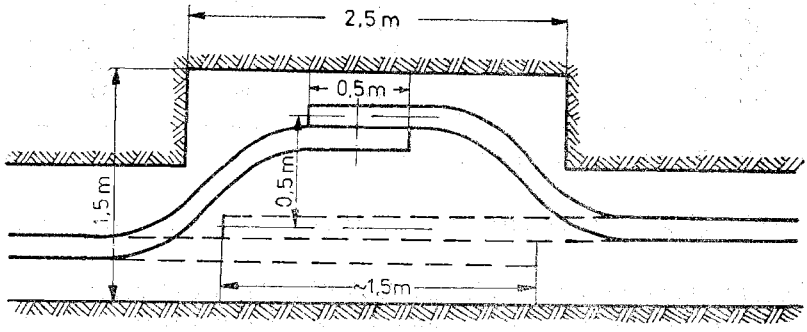


Fig. 18.22. Groapă pentru manșon 1 kV.

— îngrădirea locului de muncă ;
— instalarea cortului peste groapă ;
— iluminarea în interiorul cortului ;
— asigurarea materialelor, sculelor și dispozitivelor necesare precum și a stingătorului cu CO_2 ;
— semnalizarea corespunzătoare a locului de muncă ;
— instruirea din punct de vedere a tehnologiei, NPM și PSI a personalului de execuție.

Pregătirea capetelor de cablu (fig. 18.23 și tabelul 18.14).

Îmbinarea conductoarelor conform cap. 18, subcap. 18.2.

Refacerea izolației conductoarelor. Peste mufa de înnădire se înfășoară două straturi de bandă *PVC* tip J1 astfel încît să se suprapună și circa 10 mm peste izolația de fabrică.

Montarea conductorului de legare la pămînt. Se folosește conductor liță de cupru FY 16 mm², care se lipește de mantaua de plumb și de armă-

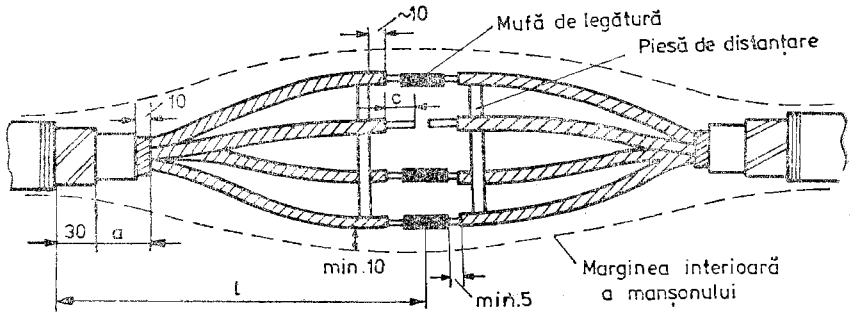


Fig. 18.23. Pregătirea capetelor de cablu și așezarea în manșonul de protecție.

Tabelul 18.14

Dimensiunile de desfacere a cablurilor cu izolație de hîrtie și manta de plumb [mm]

Simbolul manșonului	l	a	c	
			Cu	Al
ML—55	200	70	35	50
ML—60	225	70	35	50
ML—70	255	70	35—40	55
ML—75	285	75	40—45	55
ML—80	325	80	50	60
ML—85	380	85	60	70

Notă. Vezi fig. 18.23 și tabelele 15.1 și 15.2.

tura cablului și se leagă la șuruburile de punere la pămînt ale manșonului de fontă.

Montarea manșonului exterior de protecție. Pentru etanșare la intrarea și ieșirea cablului din manșon se folosesc benzi din carton asfaltat încălzit și legat cu două spire de bandă izolatoare peste armătura cablului. Se fixează manșonul și se strînge cu ajutorul brățărilor.

Umplerea manșoanelor de protecție. Se face cu masă izolantă încălzită la 110—115°C, în 3 reprize (așteptînduse solidificarea reprizei precedente):

— umplerea pînă deasupra fazei superioare;
— umplerea pînă la capac;
— completarea.

Urmează fixarea capacului.

Marcarea manșonului. Pe o plăcuță de plumb sau *PVC* ($\approx$ 150/80 mm) se scrie:

— tensiunea, secțiunea și tipul cablului;
— destinația cablului;
— data execuției manșonului;
— numele șefului de echipă.

Eticheta se așează cu partea scrisă pe capac, peste ea se așează o hîrtie și apoi peste tot manșonul de fontă se toarnă masă izolantă.

18.3.1.2. **Manşoane de derivaţie la cabluri de 1 kV cu izolaţie de hîrtie**

Tehnologia este asemănătoare cu cea a manşoanelor de legătură.

La manşoanele de derivaţie tip branşament, simbol MD (fig. 15.9 şi tabelul 15.8), cablul principal nu se taie, ci numai se desizolează, astfel încît partea desizolată la cele 3 faze să nu fie în acelaşi plan vertical. Distanţarea fazelor se face cu ajutorul a două pene de lemn. Pentru îmbinarea conductoarelor se folosesc cleme CTD (fig. 15.19 şi tabelul 15.15) sau cleme de derivaţie prin lipire cu legătură demontabilă (fig. 15.20 şi tabelul 15.16). Modul de pregătire şi dimensiunile sînt redate în fig. 18.24 şi tabelul 18.15.

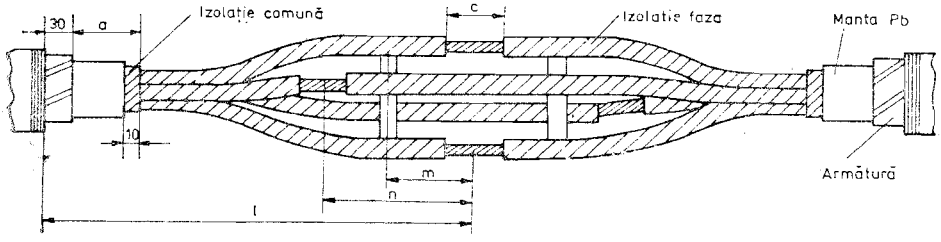


Fig. 18.24. Pregătirea cablului pentru manşon de derivaţie MD.

Tabelul 18.15

Dimensiunile de pregătire a cablurilor pentru manşoane de derivaţie MD [mm]

Simbolul manşonului	*l*	*a*	*c*	*m*	*n*
MD—50/40	200	50	25	35	70
MD—60/50	217	60	30	40	75
MD—75/65	264	70	40	45	80
MD—85/75	310	70	40	50	90

La manşoanele de legătură cu derivaţie simbol MLD (fig. 15.10 şi tabelul 15.9), la care în punctul de înnădire se leagă şi cablul de derivaţie, fazele se dispun în plan vertical şi fixarea conductoarelor se face cu piese de distanţare cu 4 găuri. Montarea şi lipirea clemelor de înnădire şi

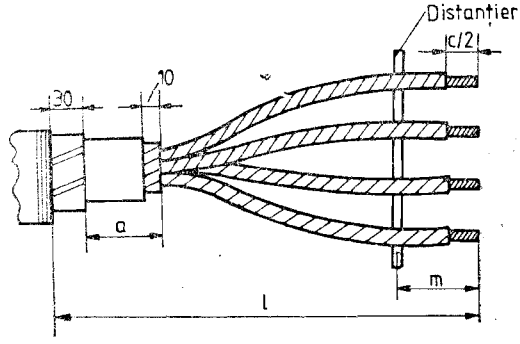


Fig. 18.25. Pregătirea cablului pentru manşon de derivaţie MLD.

derivație CLD (fig. 15.18 și tabelul 15.14) se face după introducerea distanțierelor. Modul de pregătire și dimensiunile sînt date în fig. 18.25 și în tabelul 18.16.

Tabelul 18.16

Dimensiunile de pregătire a cablurilor pentru manșoane de derivație MLD [mm]

Simbolul manșonului	*l*	*a*	*c*	*m*
MLD—60/50	252	65	70	35
MLD—70/60	287	70	70	38
MLD—80/70	320	70	100	40
MLD—90/80	360	80	120	45

18.3.1.3. **Manșoane la cabluri de 6—10 kV cu izolație de hîrtie**

Succesiunea operațiilor este aceeași ca la executarea manșoanelor de legătură la cablurile de 1 kV.

Izolarea îmbinărilor se face în două faze:

— se reface izolația conductoarelor pe porțiunea dintre izolația de fabrică și clema de înnădire pînă la nivelul izolației de fabrică;

— se întărește izolația în dreptul înnădirilor.

Pentru izolație se folosesc benzi de hîrtie impregnată în ulei de 10,15 și 20 mm lățime încălzite în prealabil la 100—110 °C sau benzi din *PVC* tip J1.

Grosimea stratului izolant va fi de 7 mm la cablurile de 6 kV și de 9 mm la cablurile de 10 kV, înfășurarea avînd o formă cilindrică și conică spre capete, suprapunîndu-se peste izolația de fabrică pe o lungime de 50—100 mm.

Se folosesc manșoane interioare din plumb care se lipesc pe mantaua metalică de pe cablu. Aceste manșoane se umplu cu masă nebituminoasă (galbenă).

18.3.1.4. **Manșoane la cabluri de 20—35 kV cu izolație de hîrtie**

Aceste cabluri pot fi cu o manta sau cu trei mantale de plumb sau aluminiu.

Față de cablurile cu tensiuni 1—10 kV scoatem în evidență următoarele:

— groapa de manșon are dimensiunile de circa 5 m lungime, 2,5 m lățime și 1,3 m adîncime;

— raza minimă de curbură la îndoire va fi de 15 *D* în cazul cablurilor cu manta de plumb și 25 *D* în cazul cablurilor cu manta de aluminiu (*D* fiind diametrul exterior al cablului);

— îmbinarea conductoarelor se face prin lipire sau prin presare în matriță închisă, folosind mufe îmbunătățite tip MPTAm;

— o atenție deosebită trebuie acordată la desfacerea și apoi la refacerea izolației, precum și a stratului semiconductor; refacerea stratului semiconductor se execută cu hîrtie carbon, tăiată în fîșii de circa 5—10 mm lățime (figurile 18.26 și 18.27);

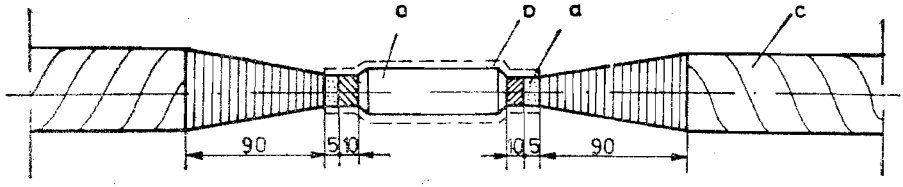


Fig. 18.26. Tăierea în con a izolației și refacerea stratului semiconductor pe clemă la cabluri 20—35 kV:
a — strat semiconductor de fabrică; *b* — strat semiconductor refăcut; *c* — izolație de fabrică; *d* — clemă de înnădire.

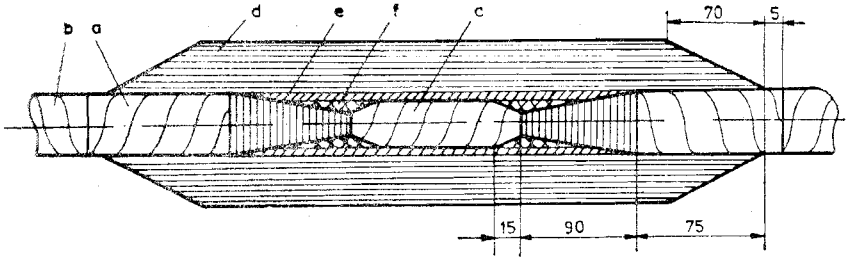


Fig. 18.27. Forma finală a izolației refăcute la cabluri 20—35 kV:
a — izolație de fabrică; *b* — benzi din hîrtie metalizată; *c* — mufă cu strat semiconductor refăcut; *d* — înfășurare cu benzi de hîrtie de 20—25 mm; *e* — înfășurare cu benzi de hîrtie de 15 mm; *f* — idem, cu benzi de 10 mm.

— peste stratul semiconductor și straturile de izolație se toară ulei de cablu încălzit la 110—120 °C; izolația se reface folosind benzi de hîrtie uleiată, încălzite la circa 110 °C;

— între faze se montează role de distanțare, apoi se montează și se lipește manșonul de plumb în care se toarnă masă galbenă;

— se montează conductorul de legare la pămînt, se introduce manșonul de plumb în manșonul de fontă, în care se toarnă masă izolantă neagră încălzită la 110—115 °C și se marchează cu etichetă din tablă de plumb.

Pentru cabluri de 20 și 35 kV cu o manta de orice secțiune, se întrebuințează manșon de fontă ML—105 și manșon de plumb MP—75—1, iar pentru cabluri de 20 și 35 kV cu 3 mantale se întrebuințează manșon de fontă ML—110 și 3 manșoane de plumb MP—40—3 (v. figurile 15.2 și 15.4; tabelele 15.1, 15.3, 15.6 și 15.7).

Pentru executarea unui manșon de legătură, între un cablu cu o manta cu un cablu cu 3 mantale se întrebuințează un manșon de plumb special care se confecționează dintr-un manșon de plumb MP—75—1 (din care se îndepărtează o jumătate dintr-o parte conică) și un capac de cutie terminală trifazată rotundă din plumb CTR—4.

18.3.2. Montarea manşoanelor pentru cabluri cu izolaţie uscată

18.3.2.1. Manşoane la cabluri de 1 kV cu izolaţie uscată

Există diferite soluţii şi metode de montare a manşoanelor pentru cabluri cu izolaţie uscată din *PVC* sau *PE*.

a. **Montarea în tuburi termocontractabile.** Această metodă utilizează pentru refacerea izolaţiei benzi şi tuburi termocontractabile, ansamblul materialelor necesare fiind asigurat în seturi de URTAE—Roman (tehnologie CIRE—FT 49/83).

Operaţiile, prezentate schematic, sînt următoarele:

— fasonarea capetelor de cablu (cu raza de curbură mai mare de 15 ori diametrul cablului) şi îndepărtarea unei porţiuni din capătul de cablu, în funcţie de starea lui, dar nu mai puţin de 200 mm;

— introducerea pe capetele cablului a tuburilor termocontractabile, unul pentru etanşare interioară şi altul pentru protecţie exterioară; dimensiunile şi domeniul de utilizare a tuburilor termocontractabile din *PVC* sînt date în tabelul 18.17;

Tabelul 18.17

Dimensiunile tuburilor termocontractibile şi domeniul lor de utilizare

Dimensiunile tubului [mm]			Domeniul de utilizare [la cabluri cu secţiunea dată în mm²]	
$\varnothing_{int}$	Grosimea	Lungimea	Etanşare interioară	Protecţie exterioară
35	1,8	500	4 × 16	—
35	1,8	600	4 × 25; 3 × 25 + 16	—
35	1,8	650	—	4 × 16
35	1,8	770	—	4 × 16; 3 × 25 + 16
40	1,8	600	3 × 35 + 16; 4 × 35; 3 × 50 + 25	—
40	1,8	770	—	3 × 35 + 16; 4 × 35
50	1,8	650	3 × 70 + 25	—
50	1,8	770	—	3 × 50 + 25
60	1,8	650	3 × 95 + 50	—
60	1,8	720	3 × 120 + 70	—
60	1,8	830	—	3 × 70 + 35; 3 × 95 + 50
70	1,8	830	3 × 150 + 70	—
70	1,8	880	—	3 × 120 + 70
80	1,8	880	3 × 185 + 95	—
80	1,8	980	—	3 × 150 + 70
90	1,8	1050	—	3 × 185 + 95
100	1,8	1050	3 × 240 + 120	—
110	1,8	1180	—	3 × 240 + 120

— îndepărtarea mantalei exterioare din *PVC* şi apoi a armăturii metalice pe o lungime *a* de la capătul cablului (fig. 18.28 şi tabelul 18.18);

— îndepărtarea mantalei interioare din *PVC* pe o lungime egală cu cu *a* — 50 mm, apoi a izolaţiei conductoarelor pe o lungime *c* (fig. 18.28 şi tabelul 18.19);

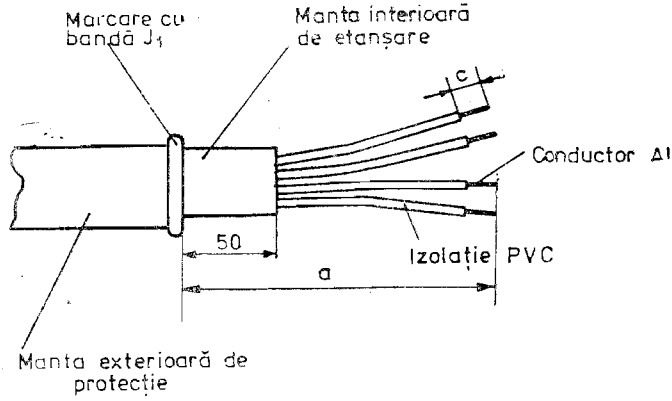


Fig. 18.28. Pregătirea capătului de cablu 1 kV cu izolație uscată.

Tabelul 18.18

Dimensiunile porțiunilor care se îndepărtează din mantaua exterioară la cabluri cu izolație din *PVC*

Secțiunea conductoarelor [mm²]	Cota *a* [mm]
4 × 16	200
3 × 25 + 16; 3 × 35 + 16; 3 × 50 + 25	240
3 × 70 + 35; 3 × 95 + 50	260
3 × 120 + 70	270
3 × 150 + 70	300
3 × 185 + 95	330
3 × 240 + 120	360

Tabelul 18.19

Dimensiunile porțiunilor care se îndepărtează din izolația de *PVC* de pe conductoare

Secțiunea conductorului [mm²]	Cota *c* [mm]	Secțiunea conductorului [mm²]	Cota *c* [mm]
16	26	95	48
25	28	120	51
35	30	150	54
50	36	185	60
70	42	240	65

— îmbinarea conductoarelor se face conform celor arătate la subcap. 18.2;

— refacerea izolației conductoarelor (după umplerea golurilor rămase prin presarea cu degetul a mufelor și a capetelor mufelor cu mastic ROMTIX 1502, produs de Întreprinderea Anticorosivul—București), se face prin aplicarea de benzi electroizolante termocontractabile tip J1, prin înfă-

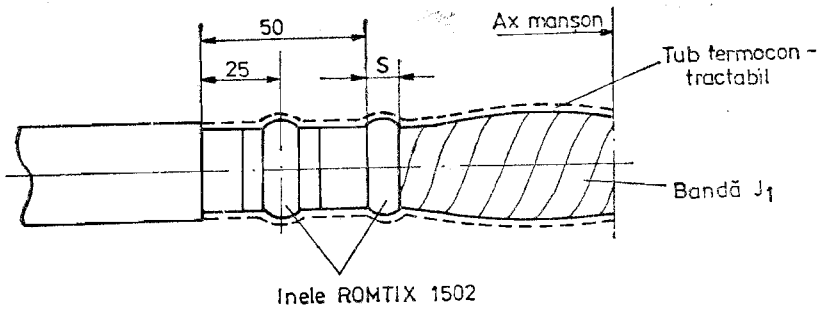


Fig. 18.29. Fixarea inelelor de etanşare şi a tubului termocontractabil.

şurare cu suprapunere 50% în 5 straturi, peste mufe şi peste izolaţia de fabrică a conductoarelor pe jumătate din lungimea mufelor (stînga şi dreapta);

— etanşarea interioară şi umplerea golurilor dintre conductoare folosind cordoane din mastic ROMTIX 1502, respectînd dimensiunile din tabelul 18.20, realizînd o formă cilindrică şi tronconică spre capete;

— strîngerea conductoarelor cu benzi J1, cu suprapunere 50% într-un singur strat;

— fixarea inelelor de etanşare folosind cordoane de etanşare din mastic (fig. 18.29 şi tabelul 18.20);

Tabelul 18.20

Diametrele cordoanelor de umplere şi de etanşare şi lăţimea scobiturii *s*

Secţiunile conductoarelor cablului [mm²]	Diametrul cordonului de umplere [mm]	Diametrul cordonului de etanşare [mm]	Lăţimea scobiturii *s* [mm]
4 × 16 — 3 + 50 + 25	10	6	8
3 × 70 + 35 — 3 × 150 + 70	12	8	10
3 × 185 + 95 — 3 × 240 + 120	14	10	12

— montarea tubului termocontractabil de etanşare interioară şi încălzirea lui la circa 95° pînă la strîngerea maximă;

— executarea continuităţii armăturii metalice folosind conductor de cupru lităt cu secţiunea minimă de 16 mm²;

— fixarea inelelor de etanşare pentru protecţia exterioară;

— montarea tubului termocontractabil de protecţie şi de etanşare exterioară şi încălzirea lui pînă la contractare (fig. 18.30);

— etanşarea suplimentară a capetelor tubului cu bandă J1, 7—8 spire cu suprapunere 50%;

— marcarea manşonului (ca la 18.3.1, h).

O soluţie superioară o reprezintă utilizarea de tuburi termocontractabile din polietilenă reticulată în locul tuburilor termocontractabile din *PVC*. Tuburile din polietilenă reticulată au un raport de contracţie cuprins între 1,7/1 şi 2,3/1, şi o fiabilitate superioară celor din *PVC*.

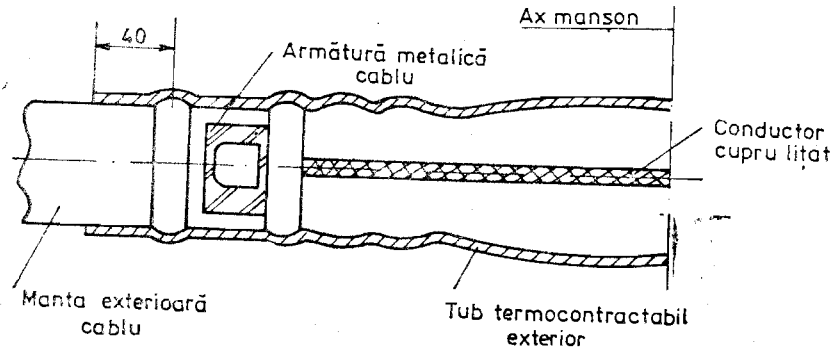


Fig. 18.30. Montarea conductorului pentru continuitatea armăturii și a tubului termocontractabil exterior.

Se realizează cu diametre interioare ale tubului în stare expandată cuprinse între 5 și 78 mm și grosimi ale peretelui variind în funcție de diametrul tubului de la 0,06 la 0,5 mm.

b. **Montarea în cutii cu izolație din rășini sintetice.** Este o metodă folosită de TAGIAB.

Elementele caracteristice ale acestei metode sînt următoarele:

— tăierea fazelor se face în trepte;

— tăierea izolației de fază se face sub formă de con (15—30 mm), cu excepția nulului;

— presarea racordurilor se execută hexagonal sau în matrița închisă;

— umplerea ancoșelor rezultate de la presare se face cu bandă semiconductoare autosudabilă tip SC 70 AS;

— izolarea fazelor se face cu bandă autosudabilă electroizolantă E 70 AS în 3 straturi (min. 3 mm grosime a izolației);

— continuitatea armăturii se asigură cu conductor de cupru lițat FY 16;

— după izolarea fazelor și montarea conductorului de punere la pămînt se montează forma de turnare tip MLR 011—014 în care se toarnă masă de turnare (epoxidică) DINOXIN 72, care se întărește în 24 h (fig. 18.31 și tabelul 18.21).

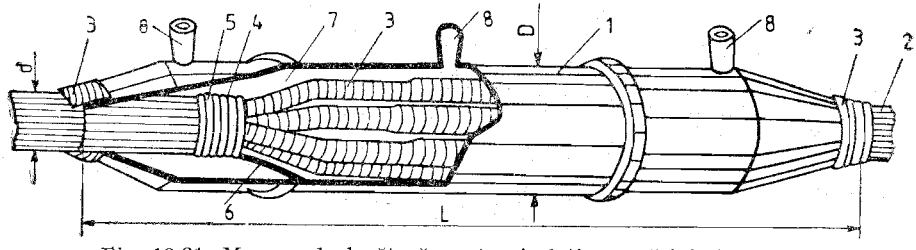


Fig. 18.31. Manșon de legătură pentru izolație cu rășini sintetice:
1 — manșon tip MLR 011-014; *2* — cablu; *3* — bandă E.70 AS; *4* — matisaj cu conductor cupru Ø1 mm; *5* — colier de strîngere; *6* — conductor FY-16; *7* — masă epoxidică DINOXIN-72; *8* — orificiu pentru turnarea masei epoxidice.

Tabelul 18.21

Manşoanele de legătură tip MLR 011—014

Tipul manşonului	Diametrul manşonului D [mm]	Lungimea manşonului L [mm]		Secţiunea cablurilor [mm²]
		Presa 6 Martie	Presa Simel	
MLR 011	63	310	350	3 × 25; 3 × 25 + 16 4 × 25; 3 × 35 3 × 35 + 16; 4 × 35
MLR 012	90	430	485	3 × 50; 3 × 50 + 35 3 × 70; 3 × 70 + 35 3 × 95; 3 × 95 + 50 3 × 120; 3 × 150
MLR 013	110	520	570	3×120+70; 3×150+70 3 × 185; 3 × 240
MLR 014	125	600	640	3 × 185 + 95 3 × 240 + 120

Masa de turnare epoxidică este formată din două componente:

c1 — amestecul de răşină — cuarţ, ambalat în cutii metalice de 1,2 şi 5 kg;

c2 — întăritorul, ambalat în flacoane.

Cele două componente, înainte de turnare, se amestecă bine, timp de 5 min.

c. **Montarea în carcase de cauciuc sau fontă.** Fazele tehnologice sînt aceleaşi ca şi la manşoanele de la cablurile cu izolaţie de hîrtie impregnată în ulei.

După executarea îmbinărilor, acestea se izolează cu 2—3 straturi din bandă *PVC* tip J1 pe o lungime, care să acopere şi minimum 15 mm din izolaţia conductoarelor (fig. 18.32).

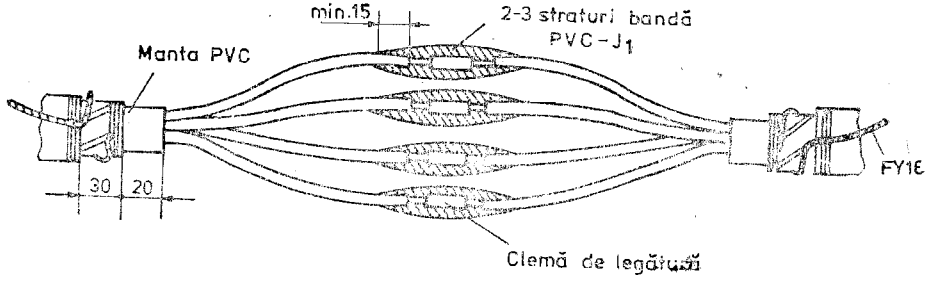


Fig. 18.32. Pregătirea fazelor cablului cu izolaţie din PVC pentru montare în manşon de fontă sau cauciuc.

După această operație se montează conductoarele de legare la pămînt (continuitatea armăturii metalice), se umplu manșoanele cu masă neagră și se etichetează la fel ca la manșoanele cablurilor cu izolație de hîrtie.

Domeniul de utilizare a manșoanelor de fontă sau cauciuc este arătat în tabelul 15.3.

18.3.2.2. Manșoane la cabluri de 6—10 kV cu izolație uscată

a. **Montarea în carcase de fontă, cauciuc sau țeavă.** *La cablurile de 6 kV* trebuie să se țină seama de existența stratului semiconductor și a ecranului, comune pentru cele 3 faze ale cablului.

Dimensiunile de desfacere a capetelor de cablu și de refacere a izolației sînt date în fig. 18.33 și în tabelul 18.22.

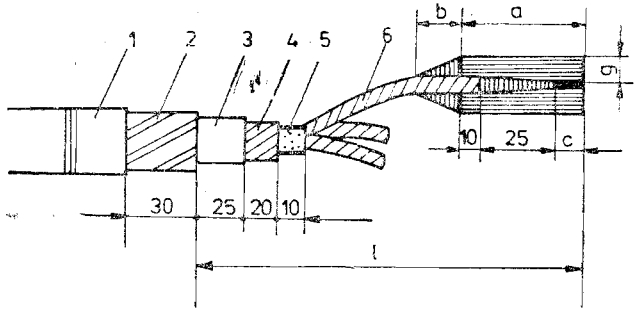


Fig. 18.33. Pregătirea cablului de 6 kV cu izolație uscată: *1* — manta exterioară din PVC; *2* — armătură oțel; *3* — manta interioară din PVC; *4* — ecran din benzi de cupru; *5* — strat semiconductor și umplutură; *6* — izolație de fază din PVC.

Tabelul 18.22

Dimensiunile de desfacere a capetelor de cablu, în mm și de refacere a izolației la cabluri de 6 kV

Secțiunea conductorului [mm²]	Tipul manșonului	*l*	*a*	*b*	*c*	*δ*
3 × 25; 3 × 50	ML 70	255	85	50	50	5—6
3 × 70	ML 75	285	85	50	50	5—6
3 × 95	ML 75	285	95	60	50	6—7
3 × 120; 3 × 150	ML 80	325	95	60	60	6—7
3 × 185; 3 × 240	ML 80	380	105	70	70	6—7

Pentru înnădirea conductoarelor se poate folosi și presa Simel (racorduri RS) sau presa 6 Martie (racorduri MS).

Refacerea izolației se face cu benzi din *PVC* tip J1 de 20 × 0,2 mm cu 50% suprapunere și cu întindere pînă ce lățimea benzilor se reduce cu circa 25%. Grosimea izolației refăcute va fi de 2—3 ori grosimea izolației de fabrică a conductorului. Se pot folosi pentru izolare și benzi SC 70 AS și E 70 AS, cu calități superioare, în care caz grosimea de izolare poate fi 1,5—2 ori grosimea izolației de fabrică.

După refacerea izolației fazele se strîng între ele, se introduce material de umplutură (rezultat de la desfacerea fazelor) și se înfășoară cu bandă

albă, realizîndu-se o secțiune aproape circulară. Se reîntregește stratul semiconductor cu: bandă semiconductoare textilă, hîrtie carbon, bandă semiconductoare din *PVC* (microproducție ICECHIM—București) sau bandă autosudabilă SC 70 AS (producție IPAUS—București).

Urmează refacerea ecranului din benzi de cupru, care se poate face prin:

— înfășurarea, ca în fabrică, a benzilor de cupru desfăcute de pe faze;
— benzi noi de cupru;
— benzi din țesături de cupru;
— cușcă Faraday din sîrme de cupru;
— matisare cu sîrmă de cupru Ø 1,4 mm sau de plumb Ø 2 mm.

Montarea conductorului de legare la pămînt și a manșonului de protecție din fontă, cauciuc sau țeavă se face la fel ca la 1 kV.

La cablurile de 10 *kV* se procedează în același mod ca la 6 kV, ținînd însă seama că stratul semiconductor și ecranul sînt montate pe fiecare fază a cablului și trebuie refăcute în același mod (fig. 18.34 și tabelul 18.23).

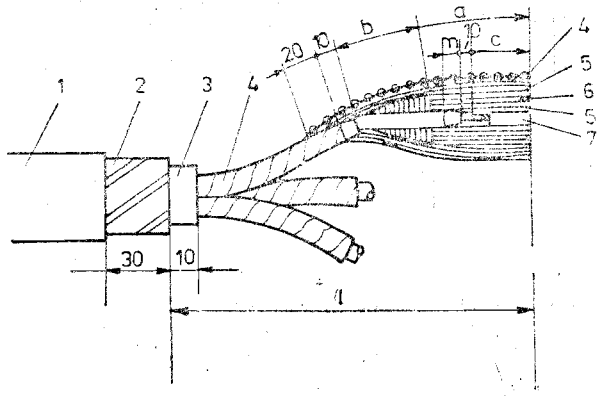


Fig. 18.34. Pregătirea cablului 10 kV cu izolație uscată:
1 — manta exterioară din PVC; *2* — armătură de oțel; *3* — manta interioară din PVC; *4* — ecran; *5* — bandă semiconductoare; *6* — bandă PVC tip J_1; *7* — clemă de înnădire.

Tabelul 18.23

Dimensiunile de desfacere a capetelor de cablu, în mm și de refacere a izolației la cabluri de 10 kV

Secțiunea conductorului [mm²]	Tipul manșonului	*l*	*a*	*b*	*c*	*m*
3 × 25	ML 75	285	105	45	50	25
3 × 35	ML 80	325	105	45	50	25
3 × 50	ML 80	325	120	55	50	25
3 × 70; 3 × 95	ML 85	380	120	55	60	25
3 × 120; 3 × 150	ML 95	435	140	75	70	30

Există posibilitatea de a se monta și manșoane mixte de 6 sau 10 kV între un cablu cu izolație de hîrtie uleiată și unul cu izolație uscată. Pentru oprirea curgerii uleiului din izolația de hîrtie, aceasta se curăță bine și se

înfășoară cu un strat de bandă lăcuită, iar izolația se reface din benzi din țesătură poliesterică impregnată cu rășină poliesterică.

O grijă deosebită trebuie avută la refacerea ecranelor și a straturilor semiconductoare.

În manșon se toarnă rășină poliesterică. Aceasta se prepară pe șantier prin amestecarea rășinii propriu-zise (Ez—6660) cu un întăritor de tipul 608 și cu accelerator de tipul 63.

b. **Montarea în cutii, cu izolație din rășini sintetice (TAGIAB).** Se procedează ca la 1 kV, folosind forme de turnare tip MLR 101, 102 sau 103 cu ecran prefabricat (tabelul 18.24).

Tabelul 18.24

Manșoanele de legătură tip MLR 101—103

Tipul manșonului	Diametrul manșonului D [mm]	Lungimea manșonului L [mm]		Secțiunea cablurilor [mm²]
		Presa 6 Martie	Presa Simel	
MLR—101	110	580	635	3 × 35; 3 × 50
MLR—102	110	640	680	3 × 70; 3 × 95
MLR—103	125	700	740	3 × 120; 3 × 150

Pentru refacerea stratului semiconductor se folosește bandă SC 70 AS, iar pentru izolarea fazelor bandă autosudabilă electroizolantă E 70 AS.

Masa de turnare epoxidică este aceeași ca la 1 kV.

18.3.2.3. Manșoane la cabluri de 20 kV cu izolație uscată

Se va trata montarea manșoanelor la cablurile monofazate de 20 kV tip A 2YSY cu izolație din polietilenă termoplastică și manta exterioară din *PVC*, care se fabrică în țară cu secțiuni ale conductoarelor de 95, 120 și 150 mm² Al (v. subcap. 13.4 și fig. 13.23). Manșoanele acestor cabluri se pot face în tuburi termocontractabile din *PVC* sau în cutii cu izolație din rășini sintetice sau în țevi nemagnetice (mase plastice).

a. **Montarea în tuburi termocontractabile.** *Această tehnologie utilizată de CIRE (fișa tehnologică 66—83) se caracterizează prin :*

— folosirea de materiale din seturi complete, asimilate și produse de URTAE—Roman ;

— îndepărtarea stratului semiconductor greu decojibil cu dispozitivul DISSC—20 kV fabricat de SUCRE—Cîmpina ;

— folosirea de mufe de înnădire de tip îmbunătățit MPTAm și MPTAu, care se presează în matrițe închise cu presa tip DPHI—20 t/s ;

— refacerea straturilor semiconductoare cu ajutorul benzilor semiconductoare din *PVC* (microproducție la ICECHIM—București) ;

— refacerea izolației cablului cu benzi electroizolante din polietilenă de joasă densitate ;

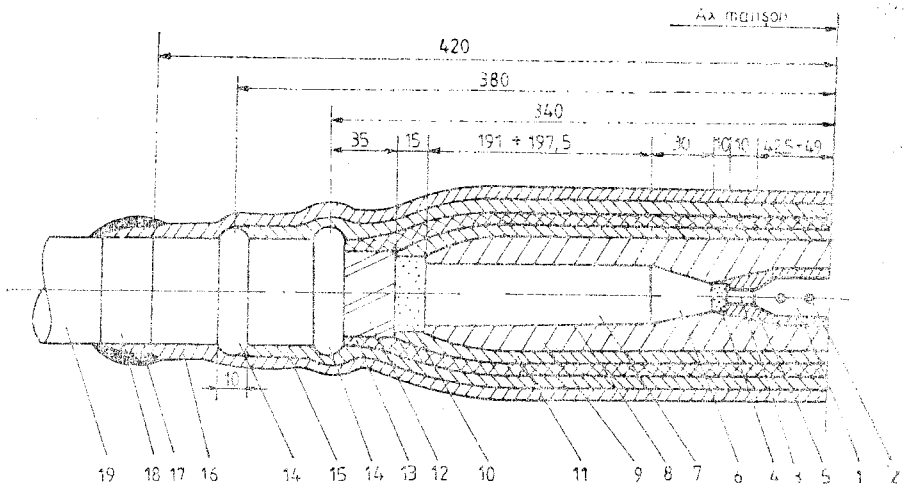


Fig. 18.35. Manşon pentru cablu 20 kV tip A2YSY în formă finală:
1 — mufă de înnădire; *2* — mastic de umplere a golurilor; *3* — conductor; *4* — semiconductor de fabrică pe conductor; *5* — semiconductor refăcut pe mufă şi conductor; *6* — con în izolaţie PE de fabrică; *7* — izolaţie din PE de fabrică; *8* — strat electroizolant; *9* — izolaţie refăcută din bandă PE sau PVC tip J_1; *10* — semiconductor de fabrică pe izolaţie; *11* — semiconductor refăcut pe izolaţie; *12* — ecran metalic de fabrică; *13* — ecran metalic refăcut; *14* — inel de mastic pentru etanşare; *15* — tub PVC pentru etanşare interioară; *16* — tub PVC pentru protecţie exterioară; *17* — etanşare suplimentară cu bandă PVC tip J_1; *18* — plăcuţă pentru inscripţionare; *19* — manta PVC de fabrică pentru protecţie şi etanşare.

— folosirea de lac electroizolant seria L 5531 Ez, produs de fabrica Azur—Timişoara (pentru aplatizarea neuniformităţilor şi realizarea unor caracteristici dielectrice superioare);

— realizarea continuităţii ecranului metalic folosind benzi din ţesături de alamă sau cupru;

— refacerea mantalei exterioare de etanşare şi de protecţie a cablului folosind tuburi termocontractabile din *PVC* cu grosime de 1,8 mm şi diametre interioare de 60 şi 70 mm, în asociere cu inele din mastic polimeric, tip Permoplast, cu diametrul de 8 mm.

Un manşon de legătură în formă finală este arătat în fig. 18.35.

b. **Montarea în cutie cu izolaţie din răşini sintetice (TAGIAB).** Tehnologia este asemănătoare cu cea de la 6—10 kV. Se folosesc forme de turnare tip MLR/As—201.

Pentru refacerea izolaţiei se foloseşte bandă autosudabilă tip E 70 AS, iar pentru refacerea stratului semiconductor bandă semiconductoare tip SC 70 AS. Ca masă de turnare se foloseşte răşină epoxidică DINOXIN 72.

18.3.2.4. Manşoane la cabluri de 110 kV cu izolaţie uscată

Se folosesc în prezent la tensiunea de 110 kV cabluri cu izolaţie din polietilenă reticulată (XLPE) şi cu izolaţie din etilen-propilen-cauciuc (EPR) cu sau fără carcasă metalică.

În general, atît tehnologia, cît și materialele pentru executarea manșoanelor de legătură sînt furnizate de firma care livrează cablul respectiv (și ține seama de modul de execuție și de dimensiunile acestuia).

Principalele aspecte de care trebuie să se țină seama la executarea manșoanelor sînt:

— pentru asigurarea unei bune legături electrice capetele conductoarelor se sudează cu arc electric, flacără oxigen-acetilenă sau oxigen-hidrogen;

— straturile semiconductoare, ca și izolația, se vulcanizează cu ajutorul unor rezistențe electrice, încălzirea efectuîndu-se la o temperatură și o durată bine determinate;

— manșoanele de înnădire pot fi de tip normal sau de tip special cu secționarea mantalei și a ecranului, pentru legături la cutiile de transpunere a fazelor, în cazul în care proiectul prevede aceasta;

— refacerea izolației se realizează cu diferite tipuri de benzi adezive izolante, livrate sau recomandate de furnizor, dar numai cu încadrarea strictă a acestora în termenul de garanție;

— respectarea riguroasă a tehnologiei prescrise și păstrarea unei curățenii perfecte în timpul lucrului sînt esențiale pentru obținerea unei lucrări de bună calitate.

18.3.3. **Montarea manșoanelor pentru cabluri cu circulație de ulei de 110-400 kV**

La montarea acestui tip de cabluri (v. cap. 13, § 13.51), utilizate la tensiuni înalte și foarte înalte, *se disting 3 tipuri de manșoane de înnădire:*

1) *Manșoane normale,* pentru înnădirea a două tronsoane de cablu (trifazic sau monofazic).

2) *Manșoane de stopare,* pentru înnădirea a două tronsoane de cablu și în același timp pentru delimitarea circuitului hidraulic, astfel încît acesta să se încadreze în limitele presiunilor admise în cablu și în accesorii; sînt folosite în zone cu denivelări importante.

3) *Manșoane de alimentare cu ulei,* pentru înnădirea a două tronsoane și pentru asigurarea alimentării cu ulei, fără secționarea circuitului hidraulic; sînt folosite pe trasee lungi, însă cu diferențe mici de nivel.

Tehnologiile montării manșoanelor la cablurile cu izolație de hîrtie și presiune de ulei sînt date în general de furnizorul cablului, care livrează și materialele necesare.

Caracteristicile acestor tehnologii sînt:

— modul de îmbinare a conductoarelor, folosind un știft de oțel, care se introduce în canalul de ulei al acestora în zona sudată sau presată (la conductoare de cupru);

— umplerea cu ulei a carcasei interioare a manșonului, care se execută numai după realizarea unui vid de circa 0,05 torr pe o perioadă de 2—12 h;

— executarea manșoanelor cu sau fără transpunerea fazelor.

18.3.4. **Montarea manşoanelor mixte de 6-20 kV**

În practică se întîlnesc dese cazuri cînd trebuie făcută legătura între un cablu cu izolaţie de hîrtie şi mantaua metalică şi cu cablu cu izolaţie din materiale plastice. În aceste situaţii se folosesc maşoane mixte.

Un astfel de manşon pentru cabluri de 6 kV este arătat în fig. 18.36, cotele fiind redate în tabelul 18.25.

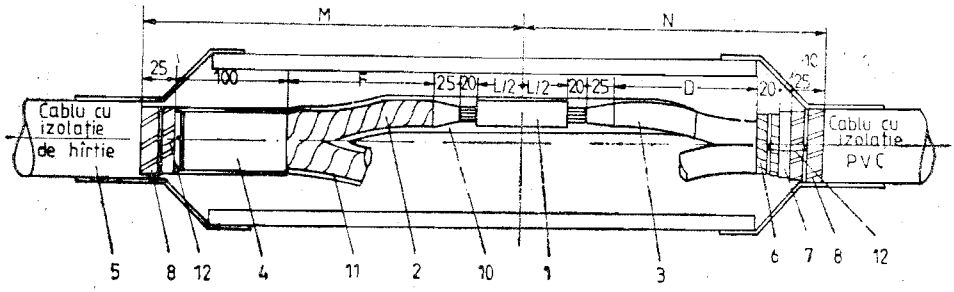


Fig. 18.36. Manşon mixt de 6 kV:
1 — clemă de racord; *2* — izolaţie din hîrtie impregnată; *3* — izolaţie din PVC; *4* — manta de plumb; *5* — iută impregnată; *6* — ecran de cupru; *7* — manta comună din PVC; *8* — armătură din bandă de oţel; *9* — manşon din fontă, cauciuc, oţel sau azbociment; *10* — bandă din ţesătură poliesterică impregnată cu răşină; *11* — strat de bandă lăcuită; *12* — legătură la pămînt.

Tabelul 18.25

Dimensiunile manşonului mixt 6 kV [mm]

Secţiunea cablului [mm²]	*M*	*N*	*F*	*D*	*L*/2	Lungimea manşonului
16 — 35	300	230	105	105	23	670
50 — 95	320	250	120	120	30	670
120 — 185	355	275	135	135	40	750
240	375	305	155	155	50	850

Ca o măsură specială, pentru etanşare şi stoparea uleiului din cablul cu izolaţie de hîrtie, precum şi pentru refacerea izolaţiei, se foloseşte răşină poliesterică de tipul Ez—6660 cu întăritor tip 608 şi accelerator tip 63, respectîndu-se riguros instrucţiunile de amestecare şi turnare, precum şi măsurile de protecţie a muncii.

Îmbinarea conductoarelor se face prin lipire.

Pentru cabluri de 10 kV se folosesc manşoane conform fig. 18.37 şi tabelului 18.26.

Manşonarea cablului de 20 kV, A2YSY, 150 mm², cu izolaţie din polietilenă cu un cablu de 20 kV cu izolaţie din hîrtie şi manta de plumb se face conform fig. 18.38.

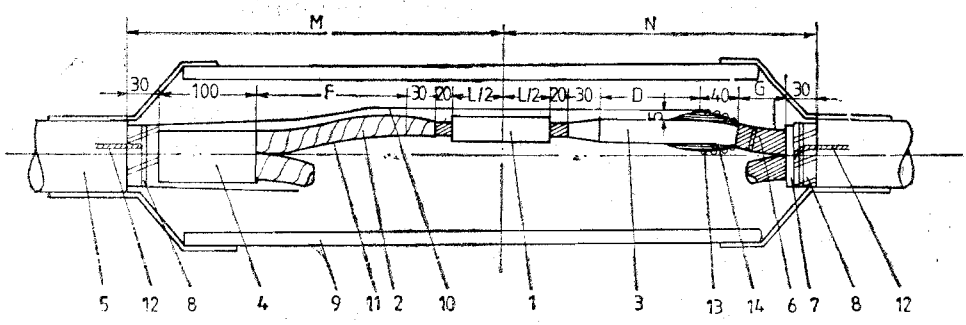


Fig. 18.37. Manşon mixt de 10 kV:

1 — clemă de racord; *2* — izolaţie de hîrtie impregnată; *3* — izolaţie din PVC; *4* — manta de plumb; *5* — iută impregnată; *6* — ecran de cupru; *7* — manta comună din PVC; *8* — armătură din bandă de oţel; *9* — manşon din fontă, cauciuc, oţel sau azbociment; *10* — bandă din ţesătură poliesterică; *11* — strat de bandă lăcuită; *12* — legătura la pămînt; *13* — dublu con deflector din bandă PVC tip J_1 sau bandă adezivă tip FCO nr. 2; *14* — ecran din ţesătură de cupru.

Tabelul 18.26

Dimensiunile manşonului mixt de 10 kV [mm]

Secţiunea cablului [mm²]	*M*	*N*	*F*	*G*	*D*	*L/2*	Lungimea manşonului
16— 35	305	245	120	15	75	25	670
50— 95	345	285	135	35	90	30	750
120—185	370	325	150	50	105	40	850
240	400	375	170	70	125	50	1000

Pentru îmbinarea conductoarelor se folosesc mufe cu perete despărţitor din Al 1/2 tare avînd diametrul interior de 16,2 mm şi cel exterior de 25 mm.

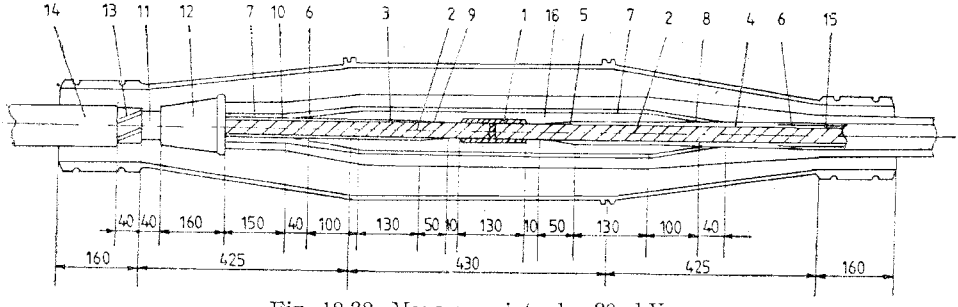


Fig. 18.38. Manşon mixt de 20 kV:

1 — mufă cu perete despărţitor; *2* — conductor Al; *3* — izolaţie din hîrtie impregnată; *4* — izolaţie cablu PE; *5* — con în izolaţia de PE; *6* — strat semiconductor; *7* — ecran; *8* — bandă PVC tip J_1; *9* — con în izolaţia de hîrtie; *10* — ţeavă din plumb; *11* — manta de plumb; *12* — cutie terminală CTR din plumb; *13* — armătură de oţel; *14* — iută; *15* — manta din PVC; *16* — izolaţie refăcută cu bandă PE.

18.4. Montarea cutiilor (capetelor) terminale

În mod similar cu operațiile de manșonare, *la executarea unei cutii terminale sau a unui cap terminal uscat se disting următoarele operații principale:*

— organizarea locului de muncă;
— pregătirea capătului de cablu;
— montarea papucilor pe conductor;
— refacerea izolației;
— montarea conductorului de punere la pămînt;
— montarea cutiei terminale și umplerea ei cu material izolant (acolo unde este cazul);
— fixarea cutiei sau a capului terminal (pe stîlp, stelaj etc).

Tehnologiile de montare sînt diferite, depinzînd de tipul cablului, tensiunea de lucru, precum și de locul de montare (interior sau exterior).

Materialele pentru refacerea izolației ca și cele pentru executarea punerilor la pămînt sînt aceleași ca la manșoane.

Executarea cutiilor (capetelor) terminale se face de către personal calificat pentru acest gen de lucrări, instruit în privința procesului tehnologic, a normelor de protecția muncii și a măsurilor de PSI.

18.4.1. Montarea cutiilor terminale la cabluri cu izolație de hîrtie și manta de plumb

18.4.1.1. Cutii terminale la cabluri de 1—10 kV cu izolație de hîrtie

Cutii terminale cilindrice de interior din fontă (tip ICI) 1 kV. În tabelul 18.27 sînt date dimensiunile, iar în fig. 18.39 modul de pregătire a capetelor de cablu și de montare a cutiei terminale.

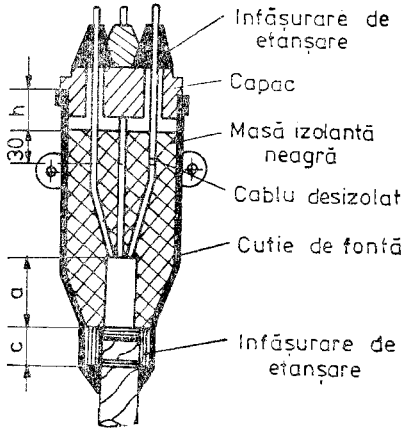


Fig. 18.39. Montarea cutiei terminale de interior din fontă 1 kV.

Tabelul 18.27

Dimensiunile de montare a cutiilor terminale de interior din fontă 1 kV [mm]

Secțiunea conductorului [mm²]	*a*	*c*	*h*
16— 35	50	50	45
50— 70	65	50	60
95— 120	80	50	60
150—185	100	50	75
240—300	120	50	80

Cutii terminale de exterior din fontă tip CTeS (cap de mort) 1 kV (fig. 18.40).

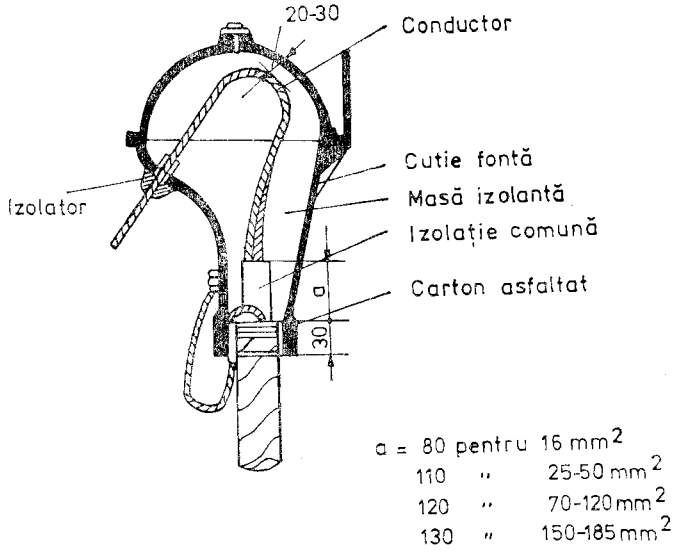


Fig. 18.40. Montarea cutiei terminale de exterior, 1 kV.

Cutii terminale tronconice de interior din plumb 1—10 kV (fig. 18.41 și tabelul 18.28).

Tabelul 18.28

Dimensiunile de montare a cutiilor terminale de interior din plumb 1—10 kV [mm]

Secțiunea conductorului [mm²]	*a*	*b*	*h*
25— 35	75	10	30
50— 70	85	10	30
95—120	90	10	35
150—185	100	10	35

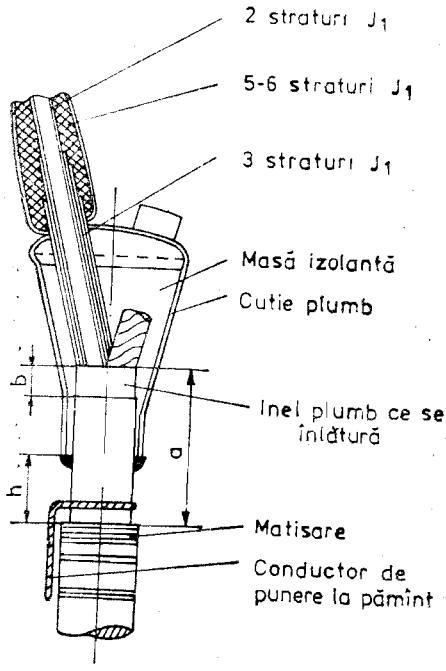


Fig. 18.41. Montarea cutiei terminale de interior din plumb.

Cutii terminale trifazate de interior din fontă 6—10 kV (v. fig. 16.10).
Cutii terminale trifazate de exterior din fontă 6—10 kV (v. fig. 16.11).
Montarea cutiilor din fontă se face pe stelaje metalice montate pe stîlpi sau pe transformatoare.

18.4.1.2. **Cutii terminale la cablurile de 20—35 kV cu izolație de hîrtie**

Cutii terminale trifazate de interior din plumb la cabluri de 20 kV cu o manta. În figurile 18.42 și 18.43 se arată modul de montare a cutiilor terminale din plumb tip CTR. Se pot utiliza și cutii terminale trifazice plate

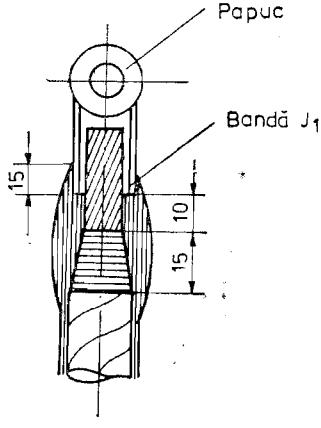


Fig. 18.42. Racordarea izolației la papuc.

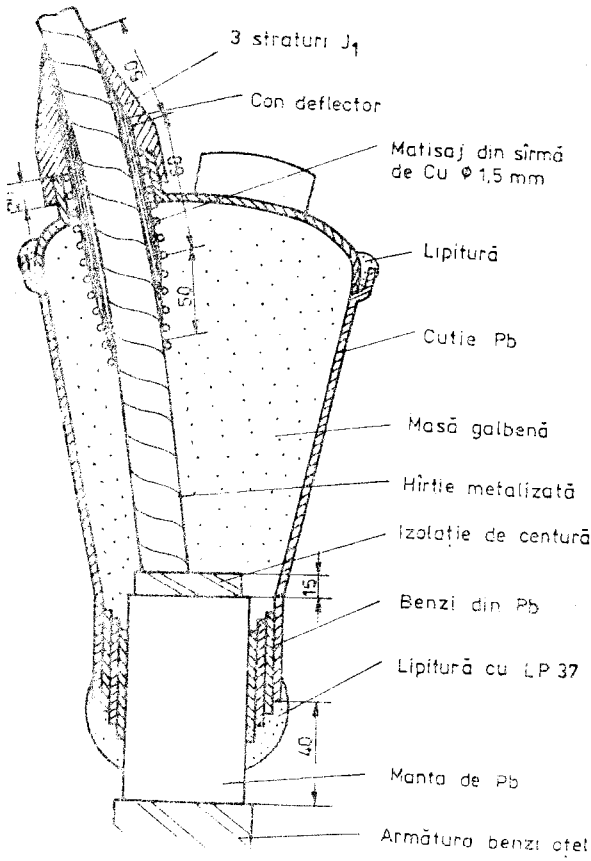


Fig. 18.43. Ansamblu terminal trifazat de interior pentru cablu 20 kV cu o manta.

din plumb (tip CTP-fig. 16.9 și tabelul 16.9) sau cutii terminale trifazice din fontă (tip TI-fig. 16.10).

Cutii terminale monofazate de interior din plumb la cabluri trifazate de 20 kV cu 3 mantale. Se execută conform figurilor 18.44 și 18.45, folosind pentru fiecare fază corpul a două cutii terminale din plumb.

În punctul de despărțire a celor 3 faze se montează o cutie de ramificație, ca în fig. 18.44, *a* sau se poate executa o matisare a cablului și un bandaj din sfoară sau bandă adezivă ca în fig. 18.44, *b*.

Cutii terminale monofazate, de interior, din fontă la cabluri de 20—35 kV. Se montează pe cablurile cu 3 mantale conform fig. 18.46 și tabelului 18.29.

Cutii terminale monofazate de exterior din fontă la cabluri de 20—35 kV. Montarea este similară cu cea a cutiilor terminale de interior (cutiile au însă izolatorul pentru exterior). Dimensiunile izolației sînt conform tabelului 18.29.

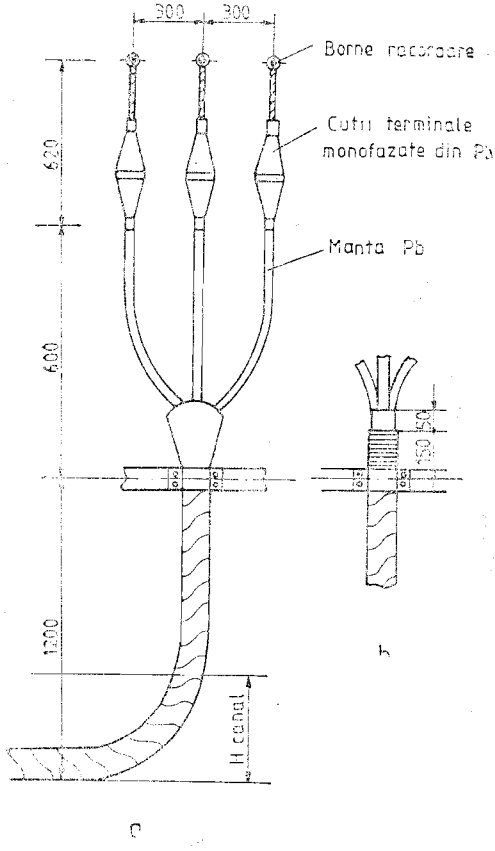


Fig. 18.44. Ansamblu terminal trifazat de interior pentru cablu 20 kV cu 3 mantale: *a* — cu cutie de ramificație; *b* — cu matisare.

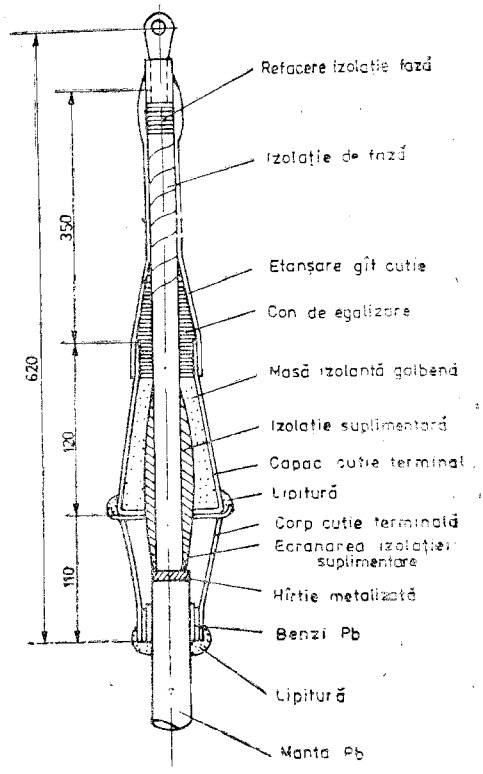


Fig. 18.45. Cutie terminală monofazată din plumb pentru cablu 20 kV cu 3 mantale.

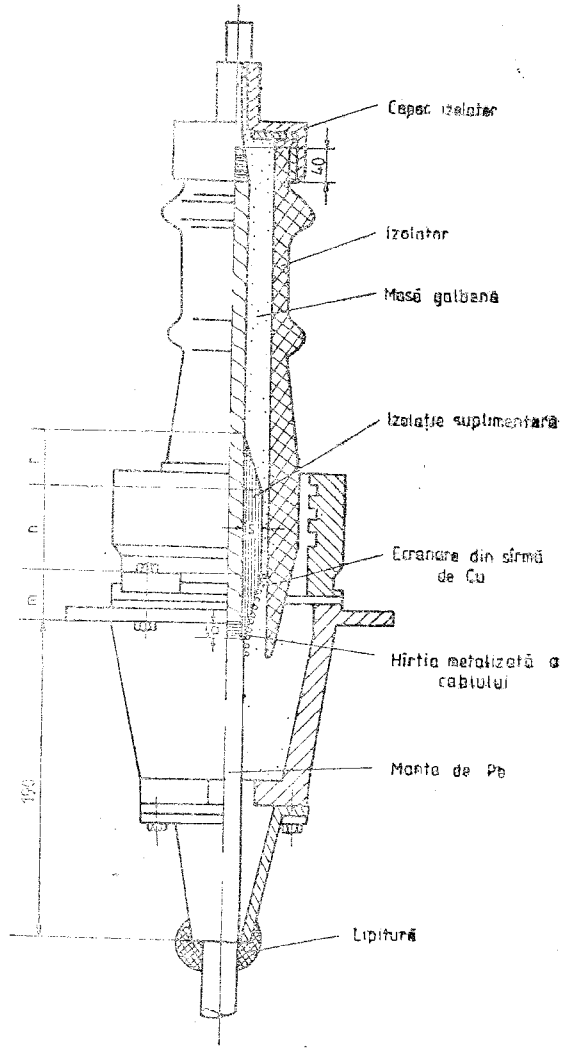


Fig. 18.46. Ansamblu cutie terminală monofazată de interior din fontă pentru cablu 20—35 kV.

Tabelul 18.29

Dimensiunile izolației cutiilor terminale monofazate din fontă, în mm, pentru cabluri 20—35 kV montaj de interior și exterior

Locul de montare	Tensiunea cablului [kV]	*m*	*n*	*r*	*s*
Interior	20	50	100	75	10
	35	100	100	100	10
Exterior	20	50	100	100	10
	35	100	100	100	10

Atît la interior, cît și la exterior, cutiile monofazate pot fi folosite și la cablurile trifazate cu o singură manta, în acest caz fiind necesară o cutie de ramificație și introducerea fazelor în mantale de plumb.

Cutii terminale trifazate plate de interior și de exterior la cabluri de 20 kV cu o manta. Se folosesc cutiile din figurile 16.10 și 16.11 cu tehnologii de montaj similare cu cele ale cutiilor monofazate.

La executarea cutiilor terminale pentru cabluri de 1—10 kV se pot folosi pentru refacerea izolației role din hîrtie uleiate, benzi din *PVC* tip J1 sau benzi E 70 AS. La cutiile terminale pentru cabluri de 20—35 kV refacerea izolației se va executa numai cu role de hîrtie impregnată în ulei încălzite la circa 100°C.

18.4.2. Montarea capetelor terminale la cabluri cu izolație uscată

18.4.2.1. Capete terminale la cabluri de 1—10 kV cu izolație uscată

Cap terminal de interior 1kV (fig. 18.47).

Cap terminal de exterior 1 kV (fig. 18.48).

Cap terminal de interior 6 kV (fig. 18.49 și detaliu de refacere a izolației la papuc în fig. 18.50).

Pentru izolarea capului terminal se mai poate folosi bandă autosudabilă electroizolantă E 70 AS (tehnologia TAGIAB).

Cap terminal de exterior 6 kV. O variantă de execuție prevede folosirea de cutii terminale plate cu izolatoare de exterior; după refacerea ecranului

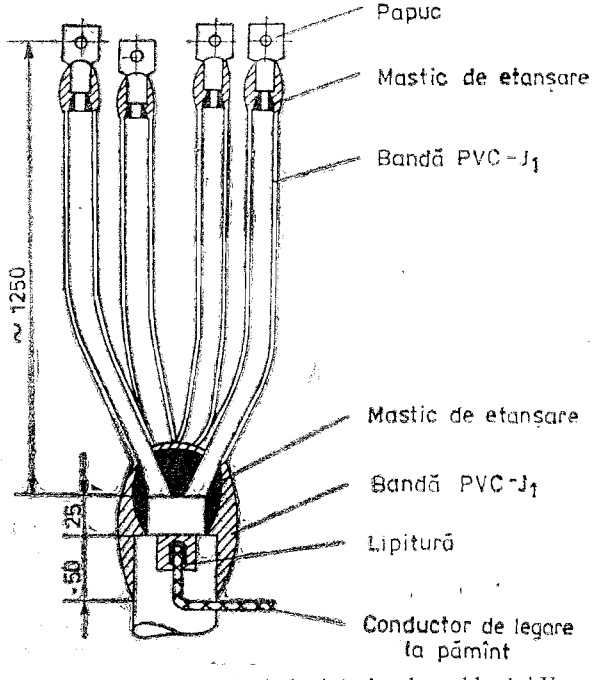


Fig. 18.47. Cap terminal de interior la cablu 1 kV cu izolație uscată.

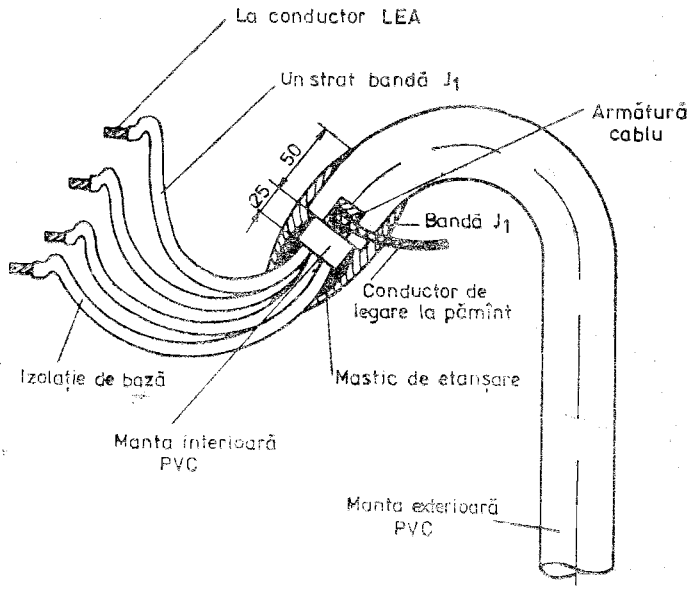


Fig. 18.48. Cap terminal de exterior la cablu 1 kV cu izolație uscată.

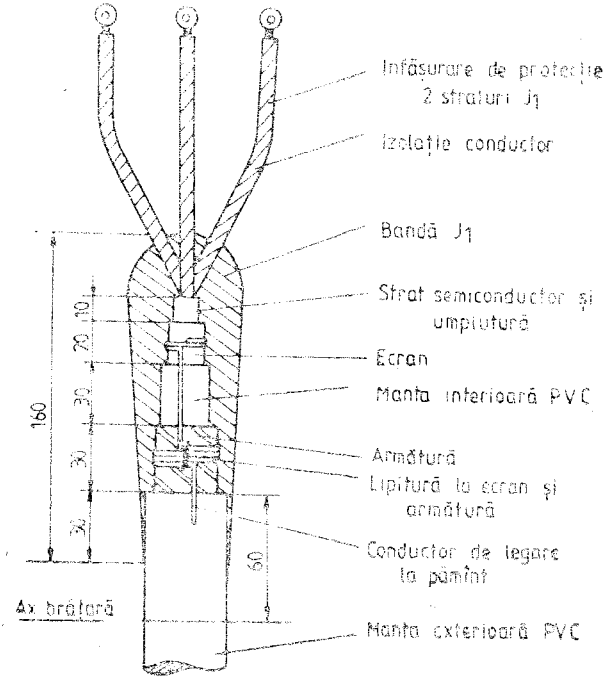


Fig. 18.49. Cap terminal de interior la cablu 6 kV cu izolație uscată.

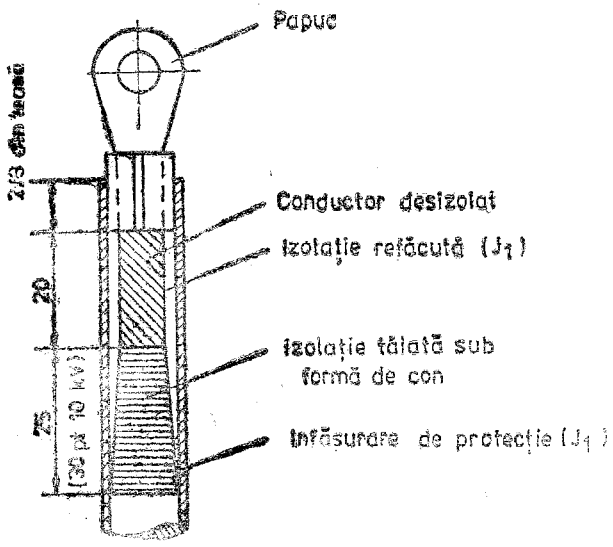


Fig. 18.50. Montarea papucului de cablu 6(10) kV.

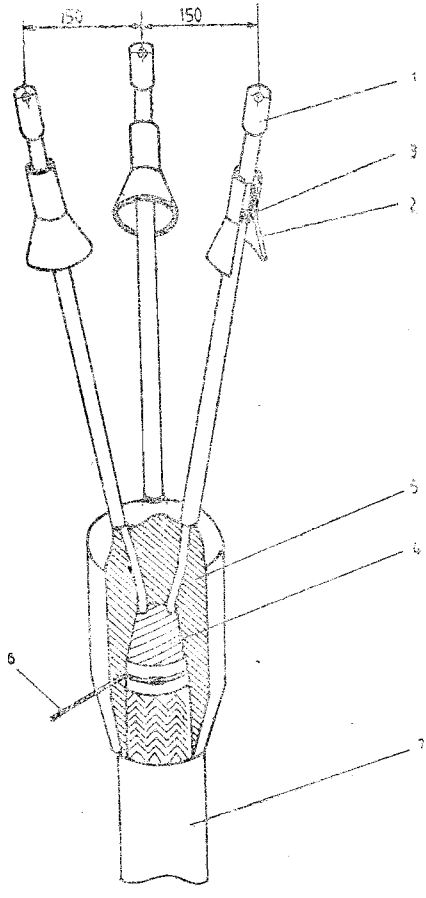
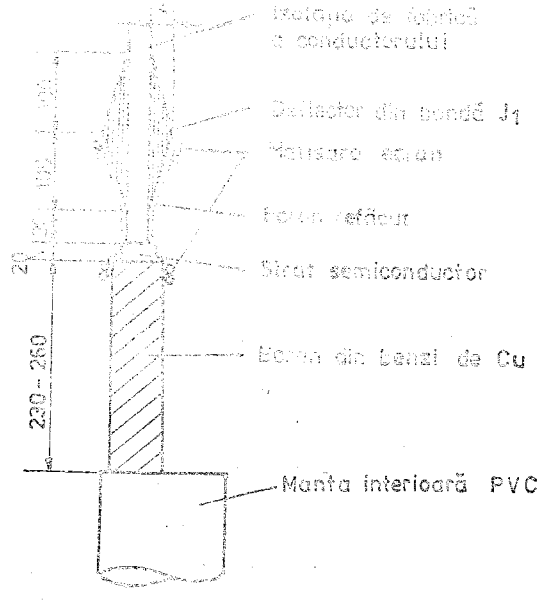


Fig. 18.51. Cap terminal de exterior cu izolație din rășini sintetice la cablu de 6 kV cu izolație uscată (TAGIAS):
1 — papuc; *2* — izolator I10-E2; *3* — mastic de etanșare; *4* — bandă semiconductoare SC 70AS; *5* — masă epoxidică; *7* — conductor de punere la pământ; *7* — manta exterioară.

Fig. 18.52. Pregătirea conductorului la cablu 10 kV cu izolație uscată.



și a stratului semiconductor și după refacerea și întărirea izolației se toarnă în cutia terminală masă izolantă neagră încălzită la 110—115°C.

În varianta TAGIAB (fig. 18.51) se folosește pentru refacerea izolației masă epoxidică din rășini sintetice.

Capete terminale de interior și exterior 10 kV. Montarea capetelor terminale la cablurile de 10 kV este similară cu cea de la cablurile de 6 kV, ținînd însă seama de poziția stratului semiconductor și a ecranului, care la cablurile de 10 kV sînt dispuse pe fiecare fază (fig. 18.52).

18.4.2.2. Capete terminale la cabluri de 20 kV cu izolație uscată

Capete terminale de interior pe cabluri de 20 kV monofazate tip A2YSY cu izolație din polietilenă și manta din *PVC*. Diverse variante de montaj sînt arătate în figurile 18.53 (TAGEM), 18.54 (CIRE, în două variante

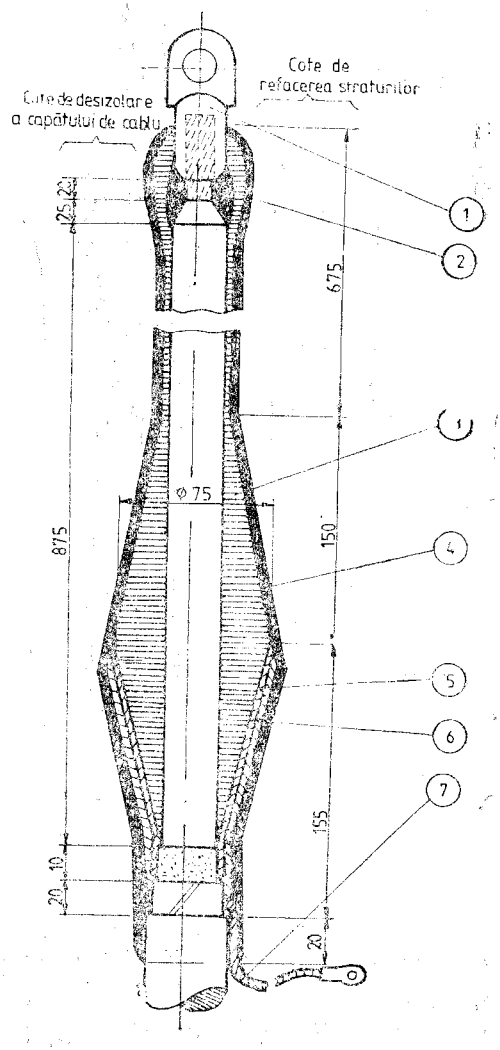


Fig. 18.53. Cap terminal de interior la cablu 20 kV tip A2YSY (TAGEM):
1 — papuc de aluminiu PTAm—150 mm²; *2* — bandă adezivă tip TCI; *3* — bandă din polietilenă; *4* — bandă termocontractabilă din PVC tip J_1; *5* — bandă semiconductoare; *6* — bandă din cupru pentru ecran; *7* — conductor cupru lițat.

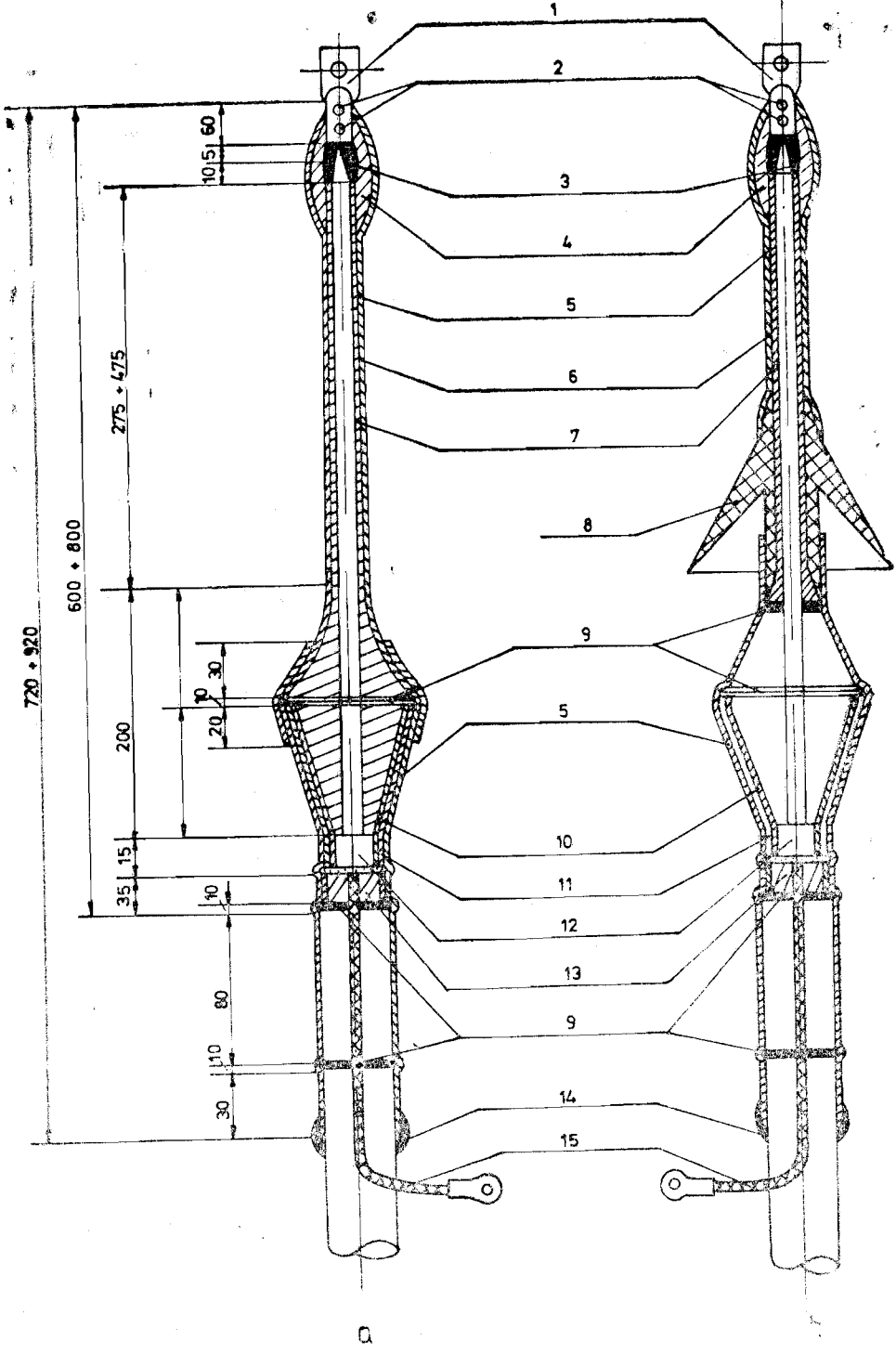


Fig. 18.54. Cap terminal de interior la cablu 20 kV tip A2YSY (CIRE):
a — fără pălărie; *b* — cu pălărie electroizolantă; *1* — papuc din aluminiu PTAm; *2* — mastic de umplere; *3* — mastic de egalizare şi etanşare; *4* — dublu con de etanşare; *5* — tub termocontractabil de protecţie şi etanşare; *6* — izolaţie suplimentară din PE; *7* — strat de lac electroizolant; *8* — pălărie electroizolantă; *9* — inele de etanşare din mastic; *10* — semiconductor refăcut; *11* — ecran refăcut; *12* — semiconductor de fabrică; *13* — ecran de fabrică; *14* — etanşare suplimentară; *15* — cordon de legare la pămînt.

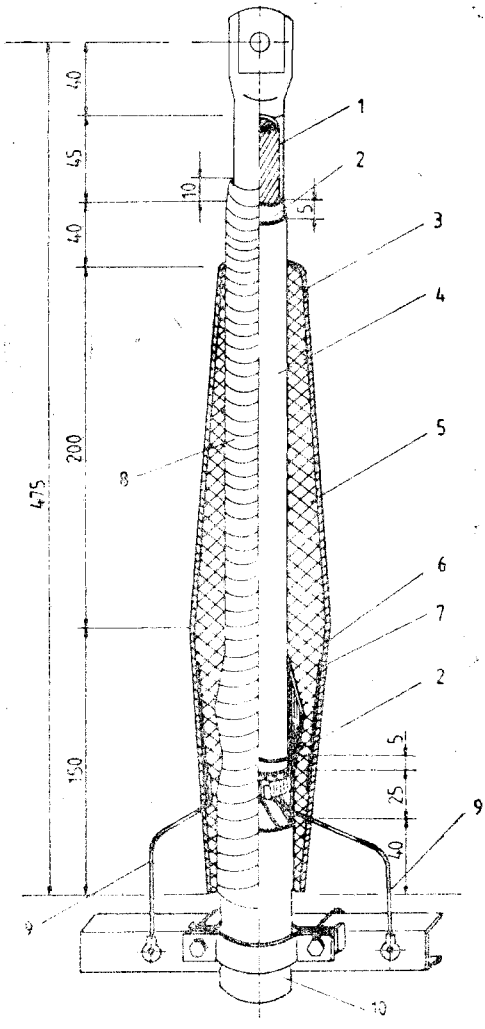


Fig. 18.55. Cap terminal de interior la cablu 20 kV tip A2YSY (TAGIAB):

1 — papuc din aluminiu; *2* — strat semiconductor; *3* — izolator I2; *4* — izolaţie din PE a cablului; *5* — masă epoxidică; *6* — izolator I1; *7* — con din cupru; *8* — bandă autosudabilă electroizolantă E-70 AS; *9* — conductor de legare la pămînt; *10* — mantaua exterioară a cablului.

cu şi fără pălărie electroizolantă) şi 18.55 (TAGIAB). Tehnologiile CIRE şi TAGIAB folosesc materiale livrate în seturi.

Capete terminale de exterior pe cabluri de 20 kV monofazate cu izolaţie din polietilenă şi manta din *PVC*.

Diferitele variante sînt arătate în figurile 18.56 (TAGEM), 18.57 (CIRE) şi 18.58 (TAGIAB).

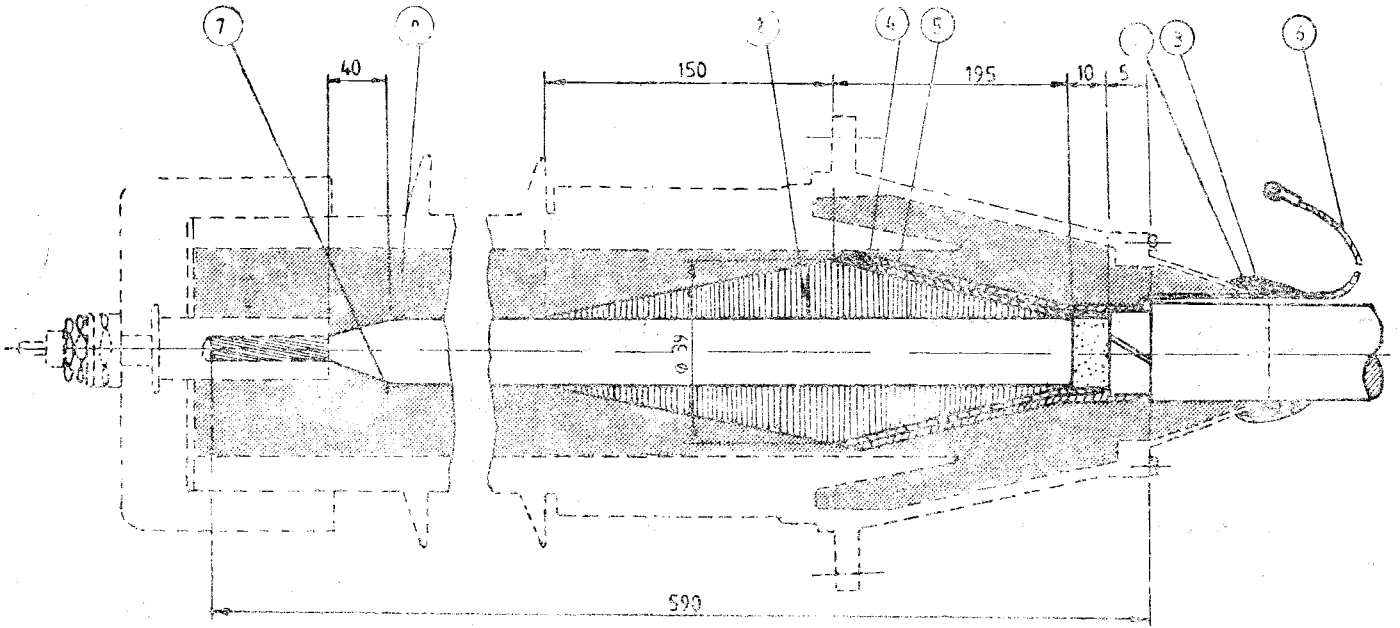


Fig. 18.56. Cap terminal de exterior la cablu 20 kV tip A2YSY (TAGEM):
1 — bandă adezivă tip TCI; *2* — bandă din polietileună; *3* — bandă termocontractabilă din PVC tip J_1; *4* — bandă semiconductoare; *5* — bandă din cupru pentru ecran; *6* — conductor cupru liţat; *7* — cutie terminală de exterior tip ME-20; *8* — masă izolantă nebituminoasă galbenă.

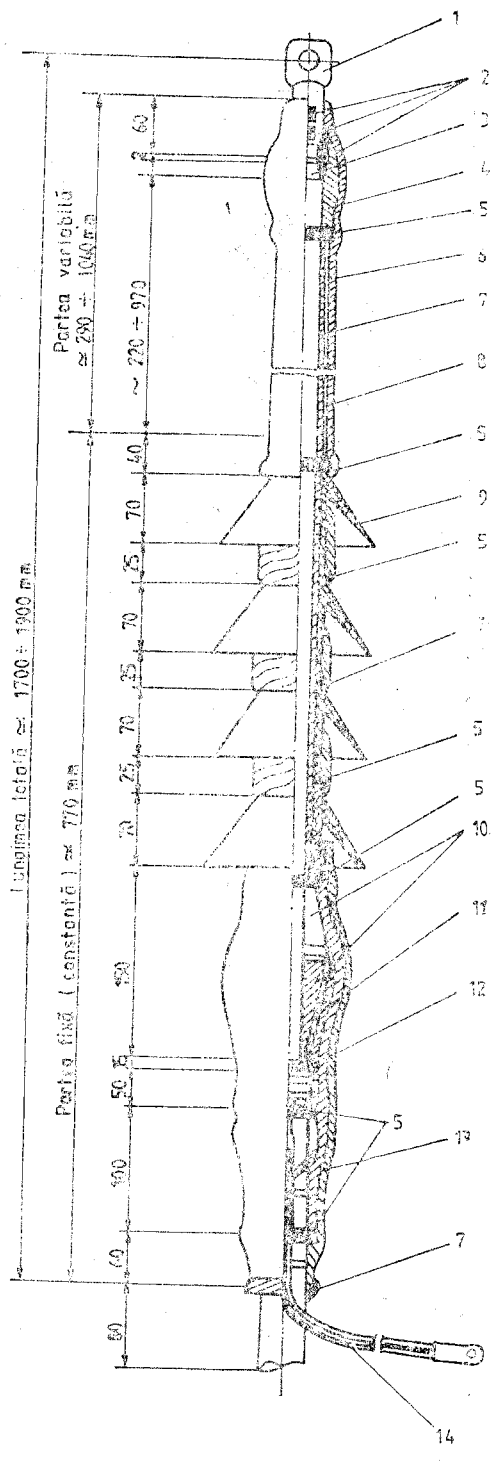


Fig. 18.57. Cap terminal de exterior la cablu 20 kV tip A2XSY (CIRE):
1 — papuc din aluminiu PTAm; *2* — mastic de etanşare şi umplere; *3* — con în izolaţia de fabrică; *4* — dublu con de etanşare din bandă PE; *5* — inel de etanşare din mastic; *6* — tub termocontractabil din PVC; *7* — strat de etanşare din bandă PVC tip J_1; *8* — izolaţie suplimentară din bandă PE; *9* — pălărie electroizolantă din material plastic PPAS1; *10* — deflector prefabricat (izolaţie şi semiconductor); *11* — ecran; *12* — tub termocontractabil interior din PVC; *13* — tub termocontractabil exterior din PVC; *14* — conductor de legare la pământ.

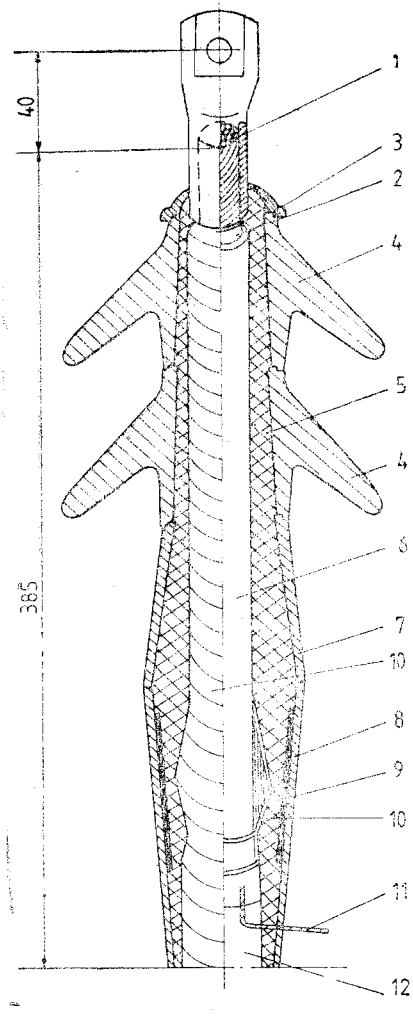


Fig. 18.58. Cap terminal de exterior la cablu 20 kV tip A2YSY (TAGIAB): *1* — papuc din aluminiu; *2* — strat semiconductor; *3* — izolator ER 20 c; *4* — izolator de exterior ER 20 A; *5* — masă epoxidică; *6* — izolația din PE a cablului; *7* — izolator ER 20 B; *8* — izolator I1; *9* — con din cupru; *10* — bandă autosudabilă electroizolantă E 70 AS; *11* — conductor de legare la pămînt; *12* — mantaua exterioară a cablului.

18.4.2.3. Cutii terminale la cabluri de 110 kV cu izolație uscată

La cablurile de 110 kV cu izolație uscată (polietilenă reticulată, etilen-propilen-cauciuc etc.) se folosesc cutii terminale cu izolatoare de porțelan, umplute cu ulei siliconic. La montarea acestora trebuie respectată cu strictețe tehnologia stabilită de furnizor, care livrează în general și cutiile terminale și materiale auxiliare.

18.4.3. Montarea cutiilor terminale la cabluri cu circulație de ulei de 110-400 kV

Exemple de astfel de cutii terminale sînt arătate în figurile 16.14 și 16.15.

La execuție trebuie să se țină seama de următoarele:

— asigurarea bateriei de rezervoare de ulei la capătul opus al cablului;

— montarea unei schele și a unei platforme pe care să se poată lucra comod, respectînd normele PSI și NPM;

— respectarea tehnologiei prescrise de furnizor, cu atenție specială la sudura (sau lipirea) racordului de cablu, la execuția izolației și a conului deflector;

— umplerea izolatorului din porțelan cu ulei degazeificat, după ce în prealabil s-a făcut un vid de circa 0,05 torr timp de 4—12 h (conform instrucțiunilor furnizorului).

Cutiile terminale pentru cablurile trifazate cu ulei se reduc practic tot la executarea unor cutii terminale monofazate, trifurcarea fazelor făcîndu-se fie printr-un manșon special montat la circa 5 m de stelajul cutiilor terminale, fie printr-o cutie de trifurcare montată la baza stelajului.

19. ÎNCERCĂRILE CABLURILOR

Cablurile de energie se supun la încercări în fabrică, la punerea în funcțiune și în timpul exploatării.

19.1. Încercări în fabrică

În fabrică se execută verificări de tip, verificări periodice și verificări individuale.

Verificările de tip se execută la asimilarea produsului sau ori de cîte ori se produc schimbări în procesul tehnologic sau în construcția cablului, care pot să modifice caracteristicile tehnice de bază ale produsului.

În cadrul verificărilor de tip se efectuează următoarele încercări:

1) *Construcția și dimensiunile cablului,* care trebuie să fie conforme prevederilor STAS pentru tipul respectiv de cablu.

2) *Caracteristicile materialelor,* inclusiv a izolației și mantalei cablului.

3) *Determinarea rezistenței de izolație la temperatura camerei* (+20°C).

4) *Încercarea la descărcări parțiale la cablurile cu* $U_0 \geq 5{,}8$ kV.

5) *Determinarea* tg δ, *inclusiv creșterea* tg δ, în funcție de temperatură, la cablurile cu $U_0 \geq 5{,}8$ kV.

6) *Încercarea la impuls,* după îndoire la cablurile cu $U_0 \geq 3{,}5$ kV.

7) *Verificarea rigidității dielectrice (străpungere) în curent alternativ sau continuu.*

8) *Verificarea rezistenței electrice a conductoarelor.*

Valorile și condițiile de încercare sînt date prin standardele sau normele interne după care se execută cablurile.

Verificările periodice se execută în fabrică cel puțin o dată pe an pe cîte o lungime de fabricație (tambur) din fiecare tip și mărime de cablu, luată la întîmplare din producția curentă.

Se fac aceleași probe și determinări ca și la verificările de tip.

Verificările individuale se execută pe fiecare lungime de livrare (tam-

Se verifică următoarele condiții tehnice:

— construcția și dimensiunile;
— aspectul mantalei exterioare;
— rezistența electrică a conductoarelor;
— rigiditatea dielectrică.

Fiecare lot de livrare din fabrică trebuie să fie însoțit de certificatul de calitate, cuprinzînd rezultatele încercărilor individuale și precizîndu-se numărul de fabrică al tamburului.

Cablurile se garantează pentru o perioadă de 12 luni de la instalare, dar nu mai mult de 18 luni de la livrare, cu respectarea condițiilor de transport, depozitare și montare.

19.2. Încercările la punerea în funcțiune și în exploatare

În afara încercărilor care se execută în fabrică, după montaj, la punerea în funcțiune și în timpul exploatării se execută următoarele încercări și măsurători, prevăzute de Normativul PE 116/84 emis de Ministerul Energiei Electrice.

19.2.1. Verificarea continuității și identificarea fazelor

Se efectuează la punerea în funcțiune, după reparații și după modificări în instalație.

Se execută fără tensiune, cu ohmmetre, cu punți portabile, cu megohmmetre, cu buzere sau cu lămpi de control

19.2.2. Măsurarea rezistenței de izolație

Se efectuează la punerea în funcțiune, după reparații și după modificări în instalație, precum și profilactic din 6 în 6 ani sau după 6 luni de pauză în funcționare.

Se execută cu megohmmetrul.

Valorile minime ale rezistenței de izolație, la 1 min, raportate la +20°C :

100 MΩ · km pentru cabluri de energie cu izolație de hîrtie de 6—35 kV noi, sau pînă la 5 ani de exploatare ;

50 MΩ · km idem pentru cabluri cu peste 5 ani de exploatare ;

5 MΩ · km pentru cabluri de energie cu izolație de hîrtie, pînă la 1 kV inclusiv ;

3—100 MΩ · km pentru cabluri de energie de 1—10 kV cu izolație de *PVC* (în funcție de secțiunea conductorului), conform fișei tehnologice ;

500 MΩ · km pentru cabluri de energie de 10—20 kV cu izolație de *PE* ;

500 MΩ · km pentru cabluri de energie scurte (sub 100 m) de 6—20 kV ;

— conform prescripțiilor furnizorului pentru cablurile de 110—400 kV.

19.2.3. Determinarea coeficientului de absorbție și a indicelui de polarizare

Se efectuează numai la cablurile de 6—20 kV cu izolație de hîrtie.

Valorile admise:

1) *Coeficientul de absorbție:* $k_A = R\ 60''/R\ 15'' \geqslant 1{,}3$.

2) *Indicele de polarizare:* $I_p = R\ 10'/R\ 1' \geqslant 2$.

Valorile R sînt cele măsurate conform probei anterioare la diferite intervale.

19.2.4. Încercarea izolației

Se efectuează la punerea în funcțiune, după reparații și după modificări în instalații, la cablurile cu tensiunea nominală mai mare de 1 kV.

Se execută cu tensiune înaltă continuă sau redresată:

6 U_0 pentru cablurile de 6—35 kV;

4 U_0 pentru cablurile de 110—400 kV (dacă nu se specifică altfel de furnizorul extern).

Prin această încercare se stabilește valoarea curentului de conducție (sau fugă) I_c, măsurată în μA și a curentului de conducție de referință $J_c = I_c/L$ [μA/km], în care L este lungimea tronsonului investigat în km.

Condițiile pe care trebuie să le îndeplinească cablul sînt:

— la cabluri 6—35 kV cu $L > 100$ m: $J_c \leqslant 600$ μA/km;

— la cabluri 6—35 kV cu $L < 100$ m: $J_c \leqslant 150$ μA;

— asimetria curenților pe fazele cablului:

$$a_j = (I_{c_{max}} - I_{c_{min}})/I_{c_{min}} \leqslant 2;$$

— variația curentului de conducție în timp, $J_c = f(t)$ la $U = \text{const}$. trebuie să fie scăzătoare, sau cel mult constantă;

— variația curentului de conducție în funcție de tensiune, $J_c = f(U)$ la $t = \text{const}$ (durata treptei), trebuie să fie practic liniar crescătoare la aplicarea treptelor respective de tensiune;

— la cablurile de 110—400 kV valoarea curentului de conducție va fi conform specificației tehnice a furnizorului.

19.2.5. Încercarea mantalei din PVC sau PE

Se efectuează la punerea în funcțiune, după reparații, după modificări în instalații și profilactic din 6 în 6 ani pentru cabluri de 20 kV și anual pentru cabluri de 110—400 kV.

Se execută cu tensiune înaltă continuă sau redresată timp de 5 min. în care timp învelișul din *PVC* sau *PE* nu trebuie să străpungă.

Tensiunile de încercare la punerea în funcțiune:

10 kV pentru cabluri de 110—400 kV; 2,5 kV pentru cabluri de 20 kV.

Tensiunile de încercare după reparații și pentru profilaxie:

5 kV pentru cabluri de 110—400 kV; 2,5 kV pentru cabluri de 20 kV.

19.2.6. Măsurarea rezistenței ohmice a conductoarelor și a ecranelor

Se efectuează la punerea în funcțiune, după reparații și profilactic din 6 în 6 ani.

Rezistența ohmica a ecranelor se masoară numai la cablurile de 20 KV și peste 20 kV și facultativ la cablurile de 6 și 10 kV.

Măsurarea se face în curent continuu prin metoda voltmetrului și ampermetrului sau prin metoda punții.

Valorile maxime ale rezistențelor ohmice ale conductoarelor trebuie să fie conform STAS (v. tabelul 12.1).

Valorile maxime ale rezistențelor ohmice ale ecranelor, raportate la km, trebuie să fie de:

3,03 Ω/km pentru cablurile de 6—10 kV cu izolație de hîrtie sau *PVC* și pentru cablurile de 20 kV cu izolație de *PE* și ecran din benzi de cupru;

1,60 Ω/km pentru cablurile de 20 kV cu izolație de *PE* și ecran din sîrme de cupru cu secțiunea de 16 mm²;

0,734 Ω/km pentru cablurile de 20 kV cu izolație de *PE* și ecran din sîrme de cupru cu secțiunea de 25 mm².

19.2.7. Măsurarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice

Se efectuează la cablurile cu izolație de hîrtie la punerea în funcțiune, după reparații și după modificări în instalație și profilactic din 6 în 6 ani sau după 6 luni de pauză în funcționare. Pentru cablurile cu izolație din *PVC* sau *PE* încercarea este facultativă.

Se execută cu puntea Shering, la tensiune cît mai mare, dar nedepășind $1{,}25\ U_0$.

Valorile prescrise ale tg δ, *măsurate la* $0{,}5\ U_0$, *pentru cablurile de 20 kV sînt:*

$\operatorname{tg}\delta \leqslant 8 \times 10^{-3}$ pentru cabluri noi;

$\operatorname{tg}\delta \leqslant 15 \times 10^{-3}$ pentru cabluri vechi cu 30—40 ani de exploatare.

Valoarea maximă a creșterii tg δ *în intervalul* $0{,}5—1{,}25\ U_0$: $\Delta \operatorname{tg}\delta \leqslant 10^{-3}$.

Cotul de ionizare din curba $\operatorname{tg}\delta = f(U)$ nu trebuie să apară pînă la $1{,}25\ U_0$.

19.2.8. Încercări specifice pentru cabluri de 110-400 kV

- *Stabilirea gradului de degazare a uleiului:* cantitatea de gaze reziduale în ulei trebuie să fie de maximum 1 mm col. Hg. Probele se fac la introducerea uleiului în instalația cablului.
- *Rigiditatea dielectrică a uleiului* trebuie să fie de minimum 180 kV/cm. Probele se fac la introducerea uleiului în instalația cablului.
- *Verificarea sistemului de semnalizare a presiunii uleiului* se face anual.
- *Măsurarea diferenței de potențial dintre manta și sol* se face facultativ.

● *Măsurarea rezistenței de legare la pământ* se face anual. Valoarea rezistenței trebuie să fie maximum 2Ω (sau conform datelor din proiect).

● *Verificarea sistemului de transpunere a fazelor* se face la punerea în funcțiune sau după reparații.

● *Verificarea curenților de circulație în manta și a tensiunilor induse* se face la punerea în funcțiune sau după reparație; valorile trebuie să fie conform proiectului.

● *Măsurarea rezistivității termice a solului* se face la punerea în funcțiune; valorile trebuie să fie conform proiectului, sau în lipsa datelor din proiect de maximum 100 °C · cm/W.

19.3. Aparate și instalații pentru încercarea cablurilor[1]

19.3.1. Laborator mobil pentru încercări cu tensiune mărită (70 kV) LM-3

Laboratorul mobil servește pentru efectuarea încercărilor preventive, cu ocazia punerilor în funcțiune, sau în cursul exploatării. De asemenea poate fi utilizat la arderea și depistarea defectelor în cablurile cu tensiune pînă la 20 kV inclusiv.

Instalația este montată pe șasiul unui autocamion sau al unei remorci tractabile și cuprinde, în principal:

— un pupitru de comandă;

— un dispozitiv de reglare a tensiunii de tip ATR-50, pentru alimentarea transformatoarelor, producînd o tensiune de ieșire reglabilă în limitele 0 ... 250 V;

— o instalație de tip TAD-10, cu o putere nominală de 10 kVA, pentru arderea defectelor în cablurile de joasă tensiune în curent continuu și în curent alternativ;

— o instalație de tip TAD-2, cu o putere de 5 kVA, pentru arderea defectelor în cablurile de joasă tensiune în curent alternativ;

— un transformator de înaltă tensiune de 70 kV;

— un dispozitiv de redresare;

— o ștangă de descărcare a sarcinii capacitive și de legare la pământ a instalației încercate;

— dulapuri cu anexe.

Caracteristicile tehnice ale instalației:

— tensiunea de încercare în curent continuu (reglabilă): 0 ... 80 kV;
— curentul de încercare de scurtă durată (10 s) în curent continuu: 100 mA;
— curentul de încercare de durată (1 h) în curent continuu: 30 mA;
— tensiunea de încercare în curent alternativ (reglabilă): 0 ... 70 kV_{ef};
— curentul de încercare de scurtă durată (15 min) în curent alternativ: 200 mA;
— curentul de încercare de durată (1 h) în curent alternativ: 100 mA;
— arderea defectelor în cabluri în curent continuu:

15 min : 7 kV, 4 A; 14 kV, 2 A; 1 h : 7 kV, 2 A; 14 kV, 1 A;

[1] Se execută de ICEMENERG — București.

— arderea completă a locului defect în cabluri de joasă tensiune:
tensiunea maximă de ardere: 2 000—1 000—500 V;
curentul debitat timp de 1 h: 2,5—5—10 A;
curentul debitat timp de 5 min: 5—10—20 A;
— arderea completă a locului defect în cabluri de joasă tensiune prin aplicarea directă a unei tensiuni alternative reglabile de 0 ... 220 V;
curentul debitat timp de 1 h: 50 A;
curentul debitat timp de 5 min: 80 A.

19.3.2. Aparat pentru testat cabluri CABLOTEST

Aparatul CABLOTEST servește la localizarea prin metoda ecometrică a defectelor în cablurile subterane de energie electrică. Metoda se bazează pe reflexia impulsurilor în locul unde cablul a suferit o modificare a impedanței lui caracteristice. Astfel de modificări apar acolo unde cablul a fost avariat, acolo unde are ramificații sau manșoane, precum și la capătul cablului.

Aparatul poate fi folosit pentru:
— localizarea defectelor;
— determinarea derivațiilor și a manșoanelor;
— calcularea lungimii și a impedanței caracteristice.

Alimentarea aparatului se face atît în curent alternativ la rețeaua de 220 V, cît și în curent continuu, de la un acumulator de 12 V.

Domeniul de măsurare: 10 ... 200 μs.

19.3.3. Trusă pentru încercarea cablurilor-TIC

Este o instalație de înaltă tensiune, destinată laboratoarelor care efectuează încercări profilactice asupra echipamentelor energetice, a căror tensiune de încercare nu depășește 60 kV cc sau 42 kV ca.

Se compune din:
— transformatorul de înaltă tensiune cu răcire în aer;
— redresorul de înaltă tensiune;
— pupitrul de comandă;
— ștanga.

Caracteristici tehnice:
— tensiunea de alimentare 220 Vca;
— curentul 10 mA;
— puterea 800 VA.

Redresorul, realizat cu diode cu siliciu, se poate comanda în ambele sensuri, permițînd obținerea de tensiuni pozitive sau negative.

19.3.4. Generatoare de semnale pentru cabluri

Generatoarele de semnale servesc la localizarea, prin metoda inducției, a defectelor în cablurile subterane. Mai pot fi folosite pentru urmărirea traseului cablurilor, determinarea locurilor manșoanelor pe traseu sau a adîncimii de îngropare a cablurilor.

Generatorul GS-51, cu o putere de 50 W și *generatorul* GS-200, cu o putere de 200 W, produc un semnal pe două frecvențe de lucru: 900 și 10 kHz pe impedanța de ieșire variabilă de la 0,5 la 1000 Ω.

Generatorul GS-1,5 cu o putere de ieșire de 1,5 W produce un semnal pe aceleași frecvențe de lucru, pe impedanță variabilă de la 0,5 la 100 Ω.

Semnalul de ieșire este continuu sau intermitent, de formă dreptunghiulară. Semnalul poate fi injectat în cablu fie prin conectare directă, fie de la suprafața solului, cu ajutorul antenei-cadru.

Cîmpul magnetic care se formează în jurul cablului este captat la suprafața solului cu ajutorul *receptorului* RS-0,1, este amplificat și ascultat în cască.

Generatoarele GS-51 și GS-200 se alimentează în curent alternativ 220 V, 50 Hz, iar *generatorul* GS-1,5 în curent continuu, 12 V (8 baterii tip R-20 sau un acumulator auto).

19.3.5. **Generatoare de impulsuri pentru detectarea defectelor în cabluri prin metoda acustică-GIDC**

Servește pentru localizarea precisă a defectelor în cablurile de înaltă tensiune 6—20 kV sau în cablurile la care defectul nu este net.

Aparatul se alimentează de la o sursă de curent continuu, capabilă să asigure un curent de 15—20 mA.

19.3.6. **Recepter de semnale pentru cabluri RS-0,1**

Servește la localizarea defectelor în cablurile subterane, urmărirea traseelor cablurilor, determinarea amplasării manșoanelor pe traseu sau pentru stabilirea adîncimii de pozare a cablurilor, prin recepționarea semnalelor injectate în cablu de către *generatoarele* GS-51, GS-200 sau GS-1,5, sau alt generator similar, pe frecvența de lucru de 900 sau 10 kHz.

De asemenea, printr-un traductor acustic (geofonul) poate recepționa descărcările de înaltă tensiune produse în cablu de către un generator de impulsuri GIDC, sau alte tipuri de descărcători de înaltă tensiune.

Tensiunea de alimentare: 9 V cc (6 baterii tip R 14 de 1,5 V).

ANEXA

Standarde și prescripții referitoare la cabluri și linii electrice aeriene și subterane

1. *STANDARDE DE STAT*

STAS 930-75	Rețele electrice. Tensiuni nominale și abateri admisibile.
STAS 12283-84	Producerea, transportul și distribuția energiei electrice. Terminologie.
STAS 1590/3-71	Electrotehnica și electroenergetica. Semne convenționale pentru centrale, stații și posturi de transformare, linii de transport și distribuție.

STAS 3087-76	Mărimi în electrotehnică. Simboluri.
STAS 11381/3-84	Scheme convenţionale pentru scheme electrice. Conductoare.
STAS 12120/1-83	Instalaţii electrice. Scheme, diagrame şi tabele. Terminologie.
STAS12120/2-83	Instalaţii electrice. Scheme, diagrame şi tabele. Identificarea.
STAS 6489/1-80	Coordonarea izolaţiei în instalaţiile electrice cu tensiuni peste 1 kV. Prescripţii.
STAS 6489/2-83	Coordonarea izolaţiei în instalaţiile electrice cu tensiuni peste 1 kV. Ghid de aplicare.
STAS 1724-80	Conductoare de cupru pentru conducte şi cabluri electrice.
STAS 2873/1-80	Sîrme şi bare dreptunghiulare din cupru pentru electrotehnică.
STAS 3000-80	Conductoare de oţel-aluminiu neizolate pentru LEA.
STAS 3032-80	Conductoare de aluminiu neizolate pentru linii aeriene de energie electrică.
STAS 3033-78	Sîrmă rotundă din aluminiu pentru electrotehnică (M—SR 10/84).
STAS 3732-80	Sîrme din oţel zincat pentru scopuri electrotehnice.
STAS 3732/1-85	Sîrme de oţel zincate pentru electrotehnică. Condiţii tehnice generale.
STAS 3734-71	Linii aeriene de energie electrică. Conductoare de oţel zincate.
STAS 6499/1-74	Sîrme şi bare dreptunghiulare de aluminiu pentru scopuri electrotehnice.
STAS 6499/2-74	Benzi de aluminiu pentru scopuri electrotehnice.
STAS 8235-80	Conductoare de Al pentru conducte şi cabluri electrice (M—SR 12/83).
STAS 665-80	Izolatoare de susţinere tip N din porţelan pentru linii aeriene de energie electrică pînă la 1 kV inclusiv. Dimensiuni.
STAS 1652-75	Izolatoare din porţelan electrotehnic pentru siguranţe fuzibile. Condiţii tehnice speciale.
STAS 2513-73	Izolatoare suport tip delta de 35 kV pentru linii aeriene de energie electrică. Dimensiuni.
STAS 3187-68	Linii aeriene de energie electrică pînă la 1 kV şi de telecomunicaţii. Izolatori de porţelan pentru ancore. Dimensiuni.
STAS 5764-80	Tile de porţelan pentru tuburi izolante şi de protecţie. Dimensiuni.
STAS 6272-72	Izolatoare de porţelan pentru linii aeriene de energie electrică. Condiţii generale.
STAS 6390-69	Suporturi izolante pentru instalaţii electrice. Condiţii generale.
STAS 8451-69	Izolatoare pentru linii aeriene de energie electrică. Clasificare.
STAS 8999-71	Izolatoare de tracţiune tip T şi TD din porţelan pentru linii aeriene de energie electrică pînă la 1 kV inclusiv. Dimensiuni.
STAS 1292-82	Materiale ceramice electroizolante. Metode de încercare.
STAS 3471-76	Materiale ceramice electroizolante. Condiţii tehnice generale de încercare (M—SR 12/83).
STAS 3915-79	Linii electrice aeriene pînă la 1 kV. Socluri pentru siguranţe aeriene pînă la 30 A. Condiţii tehnice generale de calitate.
STAS 1566-80	Cleme şi armături pentru linii elcctrice acriene şi staţii electrice. Condiţii tehnice generale de calitate.
STAS 677-75	Tije cu două rotule pentru armăturile de suspensie ale liniilor electrice aeriene peste 1 kV. Condiţii tehnice speciale.
STAS 3566-75	Rotulă şi locaş de rotulă pentru asamblarea armăturilor de suspensie ale liniilor electrice aeriene. Dimensiuni.
STAS 4410/1-83	Agrafe pentru armăturile de suspensie ale liniilor electrice aeriene. Condiţii tehnice generale.
STAS 4410/2-83	Idem. Reguli şi metode de verificare.
STAS 10337-75	Suporturi pentru izolatoare de tip IS—SN utilizate la liniile aeriene de 10 kV şi 20 kV.
STAS 832-79	Influenţe ale instalaţiilor electrice de înaltă tensiune asupra liniilor de telecomunicaţii. Prescripţii.
STAS 6290-80	Încrucişări între linii de energie electrică şi linii de telecomunicaţii. Prescripţii.
STAS 831-79	Linii aeriene. Utilizarea în comun a stîlpilor pentru linii de energie electrică, de tracţiune şi telecomunicaţii. Prescripţii.
STAS 8074-76	Încrucişări între liniile de contact pentru tramvai şi troleibuze şi LEA sau linii aeriene de telecomunicaţii. Prescripţii (M—SR 8/79).
STAS 234-79	Branşamente electrice. Coloane electrice.
STAS 3687/1-73	Iluminat. Iluminatul artificial şi natural. Terminologie.
STAS 3687/2-73	Iluminat. Lămpi şi corpuri de iluminat. Terminologie (înlocuit parţial de STAS 3687/6-82).

STAS 3687/5-74	Iluminat. Circulaţie rutieră. Terminologie.
STAS 3687/6-82	Iluminat. Corpuri de iluminat. Terminologie.
STAS 8114-81	Corpuri de iluminat. Condiţii tehnice generale.
STAS 11551-82	Corpuri de iluminat pentru iluminatul public. Condiţii tehnice speciale.
STAS 5674-76	Tambure de lemn pentru conductoare, conducte şi cabluri.
STAS 3999-75	Aparate de protecţie contra supratensiunilor. Clasificare şi terminologie.
STAS 7377-73	Descărcătoare cu rezistenţă variabilă. Condiţii tehnice de calitate.
STAS 6119-78	Instalaţii electrice de joasă tensiune. Instalaţii de legare la pămînt de protecţie. Prescripţii.
STAS 6616-83	Instalaţii electrice de joasă tensiune. Instalaţii de legare la nul de protecţie. Prescripţii.
STAS 7334-83	Instalaţii electrice de înaltă tensiune. Instalaţii de legare la pămînt de protecţie. Prescripţii.
STAS 4102-85	Piese pentru instalaţii de legare la pămînt de protecţie.
STAS 6670-83	Dispozitive mobile de scurtcircuitare şi legare la pămînt. Condiţii tehnice.
STAS 8275-78	Protecţia împotriva electrocutărilor. Terminologie.
STAS 2612-82	Protecţia împotriva electrocutărilor. Limite admise.
STAS 9436/1-73	Cabluri şi conducte electrice. Cabluri de energie de joasă şi medie tensiune. Clasificare şi principii de simbolizare.
STAS 9436/2-80	Cabluri şi conducte electrice. Cabluri de energie de joasă şi medie tensiune. Clasificare şi simbolizare.
STAS 6007-80	Cabluri, conducte şi conductoare de bobinaj, Terminologie.
STAS 10955-83	Cabluri electrice. Calculul curentului maxim admisibil în cabluri, în regim permanent. Prescripţii.
STAS 4481/1-78	Cabluri de energie cu izolaţie de hîrtie impregnată, în manta de plumb. Condiţii tehnice generale de calitate.
STAS 4481/2-80	Cabluri de energie cu izolaţie de hîrtie impregnată, în manta de plumb. Construcţie şi dimensiuni.
STAS 8778/1-85	Cabluri de energie cu izolaţie şi manta de *PVC*. Condiţii tehnice generale.
STAS 8778/2-80	Cabluri de energie cu izolaţie şi manta de *PVC*. Construcţie şi dimensiuni.
STAS 2405-79	Cabluri de energie cu izolaţie de *PVC*, în manta de plumb. Condiţii tehnice generale de calitate.
STAS 2739-78	Manşoane de legătură pentru cabluri cu tensiuni de 1 ... 35 kV.
STAS 2876-78	Cutii terminale tronconice de interior, din fontă, pentru cabluri pînă la 10 kV.
STAS 6595-80	Reţele electrice de distribuţie de joasă tensiune. Cutii de distribuţie. Condiţii tehnice generale de calitate.
STAS 243-80	Papuci ştanţaţi pentru conductoare de cupru şi aluminiu. Condiţii tehnice speciale de calitate.
STAS 1596-71	Papuci presaţi sau turnaţi pentru conductoare multifilare din cupru.
STAS 2874-80	Izolatoare de trecere pentru cutii terminale de interior şi exterior, de la 1 la 35 kV. Dimensiuni.
STAS 9293-73	Papuci de cablu. Condiţii tehnice generale de calitate (înlocuit parţial de STAS 9293/1-85).
STAS 9293/1-85	Papuci de cablu pentru conductoare de cupru. Condiţii tehnice.
STAS 3897-82	Materiale electroizolante. Mase izolante bituminoase.
STAS 3898-80	Materiale electroizolante. Masă izolantă nebituminoasă.
STAS 5649-69	Hîrtii electroizolante. Hîrtia pentru cabluri de energie electrică.
STAS 8737-70	Folii plastifiate din policlorură de vinil.
STAS 833-72	Tracţiune electrică urbană. Prescripţii pentru reducerea curenţilor vagabonzi.
STAS 11388/2-83	Cabluri şi conducte. Metode de încercare. Îmbătrînire termică.
STAS 11388/3-82	Cabluri şi conducte. Metode de încercare. Verificarea dimensiunilor şi caracteristicilor constructive.
STAS 11388/4-81	Cabluri şi conducte. Metode de încercare. Încercări electrice.
STAS 11388/5-83	Cabluri şi conducte. Metode de încercare. Încercări mecanice.
STAS 11388/6-84	Cabluri şi conducte. Metode de încercare. Verificarea densităţii, a absorbţiei de apă şi a contracţiei la cald.
STAS 11388/7-80	Cabluri şi conducte. Metode de încercare. Verificarea comportării la foc.
STAS 11388/9-85	Cabluri şi conducte. Metode de încercare. Verificarea calităţii cositoririi.

STAS 11388/10-85	Cabluri și conducte. Metode de încercare. Încercări specifice învelișurilor din amestecuri de elastomeri.
STAS 11388/14-85	Cabluri și conducte. Metode de încercare. Încercarea mantalelor.
STAS 2740-69	Materiale electroizolante. Metode pentru determinarea permitivității și a tangentei unghiului de pierderi dielectrice.
STAS 816-80	Tuburi și piese de canalizare din beton simplu.
STAS 4905-72	Blocuri de beton cu 4 găuri.

2. *PROIECTE TEHNICE TIP*

R-773-1/80	Stîlpi pentru *LEA* de joasă tensiune cu conductoare neizolate (elaborator CIRE-SCP).
R-773-2/80	Stîlpi pentru *LEA* de joasă tensiune cu conductoare izolate torsadate (elaborator CIRE-SCP).
R-773-3/82	Branșamente electrice aeriene cu conductoare torsadate (elaborator CIRE—SCP).
R-773-4/80	Module de canalizare pentru linii electrice subterane de joasă tensiune (elaborator CIRE—SCP).
R-773-5/83	Stîlpi pentru iluminat public (elaborator CIRE—SCP).
R-773-6/83	Stîlpi pentru *LEA* de medie tensiune comună cu joasă tensiune, (elaborator CIRE—SCP).
R-773-7/83	Stîlpi pentru *LEA* de medie tensiune simplu circuit (elaborator CIRE—SCP).
R-773-8/83	Stîlpi pentru *LEA* de medie tensiune cu coronament dezaxat (elaborator CIRE—SCP).
R-773-9/83	Stîlpi pentru *LEA* de medie tensiune dublu circuit (elaborator CIRE—SCP).
R-773-10/80	Module de canalizare pentru linii electrice subterane de medie tensiune (elaborator CIRE—SCP).
R-773-11/83	Stîlpi de lemn pentru linii electrice aeriene de joasă tensiune cu conductoare neizolate (elaborator CIRE—SCP).
R-773-12/83	Stîlpi pentru linii electrice aeriene de medie tensiune simplu circuit, cu izolație elastică (elaborator CIRE—SCP).
R-773-13/83	Stîlpi pentru linii electrice aeriene de medie tensiune dublu circuit, cu izolație elastică (elaborator CIRE—SCP).
E-292-79	Detalii de legare la pămînt pentru *LEA* 110—400 kV (elaborator ISPE).
E-100.000-85/20-000	Lanțuri de izolatoare pentru *LEA* 110—400 kV (elaborator ISPE).

3. *PRESCRIPȚII TEHNICE ALE MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE*

PE 104/85	Normativ pentru construcția liniilor aeriene de energie electrică peste 1 000 V.
PE 105/83	Metodologie pentru dimensionarea stîlpilor metalici ai liniilor.
PE 106/83	Normativ pentru construcția liniilor electrice aeriene de joasă tensiune.
PE 107/81	Normativ pentru proiectarea și execuția rețelelor de cabluri electrice (republicat în 1986 cu modificări).
PE 109/81	Normativ pentru alegerea izolației, coordonarea izolației și protecția instalațiilor electroenergetice împotriva supratensiunilor.
PE 116/84	Normativ de încercări și măsurători la echipamente și instalații electrice.
PE 119/82	Norme de protecție a muncii pentru instalații electrice.
PE 122/82	Instrucțiuni privind reglementarea coexistenței liniilor electrice aeriene cu tensiuni peste 1 kV cu sistemele de îmbunătățiri funciare.
PE 123/78	Normativ privind sistematizarea, amplasarea, construirea și repararea liniilor electrice care trec prin păduri și prin terenuri agricole.
PE 125/78	Instrucțiuni privind coordonarea coexistenței instalațiilor electrice cu liniile de telecomunicații.
PE 127/83	Regulament de exploatare tehnică a liniilor electrice aeriene.
PE 128/73	Regulament de exploatare tehnică a liniilor electrice în cablu.
PE 132/83	Normativ pentru proiectarea rețelelor electrice de distribuție publică.
PE 135/85	Instrucțiuni privind determinarea secțiunii economice a conductoarelor în instalațiile eledtrice de distribuție de 1—110 kV.
PE 139/77	Instrucțiuni privind normarea consumului tehnologic de energie în rețele.

PE 141/79	Regulament pentru executarea lucrărilor sub tensiune la liniile electrice aeriene de 110—400 kV.
PE 839/73	Condiții tehnice pentru izolatoare ceramice de IT pentru *LEA*.
PE 006/81	Instrucțiuni generale de protecție a muncii pentru unitățile M.E.E.
PE 022-1/79	Directive de proiectare a centralelor termoelectrice, a rețelelor electrice de transport și a rețelelor de termoficare.

4. *ÎNDREPTARE DE PROIECTARE CIRE*

RE-Ip-1-82	Îndreptar de proiectare pentru linii electrice în cablu 1—20 kV.
RE-Ip-2-82	Îndreptar de proiectare pentru poduri de cabluri, subsoluri de cablu și niveluri deschise.
RE-Ip-3-82	Îndreptar de proiectare a instalațiilor de iluminat public.
RE-Ip-4-82	Îndreptar de proiectare pentru *LEA* 20 kV cc cu coronament deformabil.
LI-Ip-5-80	Îndreptar de proiectare pentru *LEA* de medie tensiune pe stîlpi de beton armat centrifugat cu coronamente orizontale.
RE-Ip-6-76	Îndreptar de proiectare pentru prize de beton cu bentonită.
Lj-Ip-8-79	Îndreptar de proiectare a rețelelor electrice de joasă tensiune cu conductoare izolate torsadate.
LI-Ip-9-83	Îndreptar de proiectare pentru fundații prefabricate la stîlpii de linii electrice aeriene de MT și JT.
LI-Ip-11-84	Determinarea datelor de calcul pentru stabilirea influențelor *LEA* de 110 kV și medie tensiune asupra *LTc*, datorită paralelismului.
LI-Ip-14a-85	Îndrumar de proiectare pentru *LEA* 6—20 kV, dublu circuit cu izolație rigidă.
LI-Ip-14b-82	Îndrumar de proiectare pentru *LEA* 6—20 kV dublu circuit, cu izolație elastică.
LI-Ip-15-75	Îndreptar de proiectare a *LEA* 6—20 kV pe stîlpi comuni cu rețeaua de joasă tensiune cu conductoare neizolate.
LI-Ip-16-83	Îndrumar de proiectare și execuție pentru *LEA* de joasă tensiune în soluție clasică (cu conductoare neizolate).
LI-Ip-17-77	Îndreptar de proiectare pentru *LEA* de 20 kV cu coronament dezaxat pentru treceri prin păduri.
LI-Ip-20-82	Îndreptar de proiectare pentru calculul influențelor reciproce între circuitele unei *LEA*—MT sau *LEA* 110 kV cu mai multe circuite.
LI-Ip-21-82	Îndrumar de proiectare a *LEA* de MT cu stîlpii comuni cu rețeaua de JT cu conductoare torsadate.
LI-Ip-22-78	Instrucțiuni de proiectare privind executarea trecerilor din *LEA* 110 kV în *LEC* 110 kV.
LI-Ip-28-82	Îndreptar de proiectare privind condițiile de coexistență a liniilor de energie electrică cu liniile de telecomunicații.
RE-Ip-30-84	Îndreptar de proiectare și execuție a instalațiilor de legare la pămînt
LI-Ip-33-83	Instrucțiuni de proiectare și construcție a *LEA* 110—220—400 kV în zone cu fenomene meteorologice intense.
LI-Ip-38-85	Îndrumar de proiectare *LEA* de ÎT. Apropieri și traversări ale *LEA* 110—400 kV față de alte instalații.
RE-Ip-41-85	Instrucțiuni de proiectare și exploatare privind protecția impotriva influențelor datorate apropierilor dintre liniile electrice aeriene.
LI-Ip-42-85	Îndreptar de proiectare pentru fundațiile *LEA* de înaltă tensiune.
LI-Ip-43-85	Îndreptar de proiectare a *LEA* de ÎT. Dispoziții constructive ale lanțurilor de izolatoare pentru *LEA* 110—750 kV în diferite zone de poluare și cu diferite tipuri de izolatoare.

5. *ÎNDREPTARE DE PROIECTARE ISPE*

E-Ip 13-77	Îndreptar de proiectare pentru *LEA* de 110 kV.
Lucrarea nr. 6345	Îndreptar de proiectare a liniilor electrice de înaltă tensiune. Dispoziții constructive ale lanțurilor de izolatoare *LEA* 110—400 kV pentru diferite zone de poluare și tipuri de izolatoare-1985.

6. *INSTRUCȚIUNI ȘI FIȘE TEHNOLOGICE CIRE*

Lj-I8-84	Instrucțiuni de exploatare și întreținere curentă a rețelelor electrice aeriene de joasă tensiune.
RE-I17-82	Instrucțiuni privind repararea liniilor electrice subterane cu tensiuni pînă la 35 kV inclusiv.
LI-I30-85	Instrucțiuni pentru executarea lucrărilor pe stîlpii de beton armat, vibrat și precomprimat, utilizați la construcția *LEA* de MT și JT.
RE-I42-82	Instrucțiuni tehnologice de lucru sub tensiune în instalațiile electrice de joasă tensiune.
E-I51-81	Instrucțiuni tehnologice privind montarea manșoanelor mixte la cablurile de 20 kV.
RE-I-69-83	Instrucțiuni de exploatare privind funcționarea în regim de suprasarcină a cablurilor de MT.
RE-I75-80	Instrucțiuni de exploatare și întreținere a *LEA* de 20 kV pe stîlpi comuni cu rețeaua de joasă tensiune.
RE-I86-82	Instrucțiuni de proiectare și exploatare pentru instalațiile de dezghiciurare rapidă a *LEA* de 110 kV.
E-I95-79	Instrucțiuni de exploatare și întreținere a cablurilor de 110 kV.
LI-I110-80	Instrucțiuni de proiectare a încrucișărilor *LEA* de MT și JT cu liniile de telecomunicații în conformitate cu STAS 6290.
LI-I111-80	Instrucțiuni de proiectare a încrucișărilor și apropierilor *LEA* de MT și JT.
RE-I124-84	Instrucțiuni privind determinarea pierderilor de putere și de energie prin descărcare Corona la linii electrice aeriene de 400 kV, simplu și dublu circuit, cu două și trei conductoare pe fază.
RE-I135-84	Instrucțiuni privind controlul calității lucrărilor la *LEA* 110—400 kV executate de TEM.
RE-I136-84	Instrucțiune tehnologică privind depistarea defectelor pe cablurile de MT și JT.
RE-I138-84	Instrucțiuni pentru încercarea și defectoscopia mantalei de *PVC* la cablurile de 20 kV tip A2YSY.
RE-I140-84	Instrucțiuni privind controlul și revizia tehnică a clemelor și armăturilor din *LEA* și stații de 110—400 kV.
RE-I148-84	Instrucțiune tehnologică privind plantarea mecanizată a stîlpilor de beton de joasă și medie tensiune.
Lj-I154-85	Instrucțiuni tehnologice pentru plantarea adaosilor de beton la stîlpii de lemn de susținere din rețelele de joasă tensiune.
Lj-I155-85	Instrucțiuni tehnologice de demontare a *LEA* de JT.
LI-I156-85	Instrucțiuni tehnologice de demontare a *LEA* de MT.
FT 1-80	Revizia liniilor electrice aeriene de 220—400 kV.
FT 4-82	Încercări, verificări și măsurări executate la cabluri.
FT 13-82	Vopsirea de întreținere a stîlpilor metalici pentru *LEA*.
FT 33-71	Revizia liniilor electrice aeriene de 35 kV.
FT 37-84	Revizia liniilor electrice aeriene de 110 kV.
FT 38-83	Revizia liniilor electrice aeriene de 6—20 kV.
FT 44-81	Înlocuirea firului de gardă la *LEA* 110, 220 și 400 kV.
FT 46-84	Execuția lucrărilor la *LEA* în condiții speciale meteorologice.
FT 47-83	Execuția *LEA* de joasă tensiune.
FT 49-83	Executarea manșoanelor de legătură la cabluri de 1 kV tip ACYABY (ACYY) folosind materiale din seturi.
FT 50-83	Executarea joncțiunilor la conductoare de aluminiu ale cablurilor de 1—20 kV prin presare în matriță închisă.
FT 53-85	Întreținerea și exploatarea instalațiilor de iluminat public.
FT 58-83	Executarea *LEA* de MT și JT cu fundații prefabricate.
FT 61-77	Execuția și verificarea prizelor de pămînt cu bentonită.
FT 65-83	Execuția joncțiunilor de cabluri de 10 kV cu izolație de *PVC* și *HIU*, cu cabluri de 20 kV cu izolație de *PE*.
FT 66-83	Executarea manșoanelor de legătură la cabluri de 20 kV tip A2YSY folosind materiale din seturi.
FT 67-83	Executarea capetelor terminale de interior la cabluri de 20 kV tip A2YSY folosind materiale din seturi.

FT 70-85	Executarea manşoanelor de derivaţie la cablurile de 1 kV tip ACYAbY folosind mufe cuşuruburi MDStA şi bandă tip J1 din seturi.
FT 71-85	Executarea casetelor terminale de exterior la cablurile de 20 kV tip A2YSY folosind materiale din seturi.

7. *INSTRUCŢIUNI ŞI FIŞE TEHNOLOGICE TAGEM*

FL-1-80	Montarea fundaţiilor la *LEA* 110—400 kV simplu, dublu şi multiplu circuit.
FL-2-77	Montarea prin metoda basculării a stîlpilor din metal şi beton pentru *LEA* 110 kV simplu circuit şi dublu circuit şi a stîlpilor metalici pentru *LEA* 220 kV simplu circuit.
FL-2a-81	Montarea prin basculare şi prin clădire a stîlpilor metalici *LEA* 110 kV dc cu conductori de 240—300 mm².
FL-4-80	Construcţia *LEA* 6—20 kV simplu şi dublu circuit, pe stîlpi de beton.
FL-5-81	Montarea prin basculare a stîlpilor metalici pentru *LEA* 220 kV dublu circuit şi 400 kV simplu circuit.
FL-10-85	Montarea conductoarelor active şi de protecţie la *LEA* 400 kV cu trei conductoare pe fază.
FL-11-80	Montarea conductoarelor la *LEA* 220 kV dublu circuit şi 400 kV simplu circuit şi dublu circuit.
FL-13-76	Executarea *LEA* în zone paralele cu alte liuii în funcţiune.
FL-14-85	Montajul prin clădire cu bigi, a stîlpilor metalici autoportanţi *LEA* 400 kV simplu circuit, cu trei conductoare pe fază.
FL-15-85	Montajul prin clădire cu bigi, a stîlpilor metalici *LEA* 400 kV, dublu circuit, cu trei conductoare pe fază.
FL-16-73	Executarea lucrărilor de iluminat public.
FS-4-82	Executarea instalaţiilor de legare la pămînt la staţii, posturi de transformare şi *LEA*.
IT (L)-1/85	Instrucţiuni tehnologice privind ambalarea stîlpilor metalici bulonaţi pentru *LEA*.
IT (L)-2/80	Instrucţiuni tehnologice privind montajul prin clădire cu bigi a stîlpilor metalici bulonaţi *LEA* 110 kV, 4 circuite.
IT (L)-3/81	Instrucţiuui pentru schimbarea ancorelor stîlpilor portal ancoraţi tip PAS.
IT (L)-4/81	Iustrucţiune tehnologică privind executarea fundaţiilor cheson la stîlpii metalici ai *LEA*.
IT (L)-5/81	Instrucţiune tehnologică priviud montajul prin clădire cu bigi a stîlpilor metalici bulonaţi-sudaţi *LEA* 400 kV dublu circuit.
IT (L)-6/84	Instrucţiuni tehnologice privind montajul stîlpilor metalici *LEA* 750 kV simplu circuit.
IT (L)-8/84	Instrucţiuni tehnologice privind montarea conductoarelor la *LEA* 750 kV U.R.S.S.—R.S.R.—R.P.B.
IT (L)-9/84	Iustrucţiuni tehnologice privind montarea clemelor de tracţiune prin presare pe conductoarele *LEA* şi barele flexibile din staţiile electrice.
IT (L)-10/84	Instrucţiuni tehnologice privind utilizarea bigilor de 20 m — 25 00 daN.
IT (L)-11/84	Instrucţiuni tehnologice privind utilizarea bigilor de 16 m — 1 000 daN.
F-IE 15.1-77	Montarea stelajelor pentru cabluri tip Energomontaj.
FC-1-84	Montarea şi demontarea cablurilor de energie electrică pentru tensiuni pînă la 35 kV.
FC-2-82	Montarea liniilor electrice în cabluri cu ulei sub presiune, cu tensiuni de 110 kV.
FC-4-84	Montarea manşoanelor şi a cutiilor terminale la cablurile fir pilot.
FC-5-82	Montarea accesoriilor (terminale, manşoane de legătură şi mixte) la cabluri de 20—35 kV trifazate cu izolaţie de hîrtie.
FC-9-84	Montarea manşoanelor de înnădire şi a cutiilor terminale la cabluri de energie electrică armate pentru 1—10 kV, cu izolaţie de hîrtie.
FC-10-77	Montarea manşoanelor şi a cutiilor terminale pe cabluri de 6—10 kV cu izolaţie din *PVC* şi a manşoanelor mixte de 6—10 kV.
FC-14-78	Îmbinarea conductoarelor în manşoane şi montarea papucilor pe conductoare multifilare din aluminiu.

FC-15-78	Montarea manşoanelor şi a cutiilor terminale pe cabluri de energie de 1 kV cu conductoare multifilare şi izolaţie din *PVC*.
FC 18-78	Pozarea cablurilor pentru circuite secundare în staţii electrice şi posturi de transformare.
FC 21-73	Montarea cutiilor de distribuţie subterane.
IT (C)-1-77	Instrucţiuni tehnologice pentru executarea accesoriilor pe cabluri monofazate cu ulei sub presiune, conductor de aluminiu şi manta dreaptă de aluminiu, tip Fellten-Guilleaume (R.F.G.).
IT (C)-2-78	Instrucţiuni tehnologice pentru executarea manşoanelor de legătură şi a cutiilor terminale la cablurile de 110 kV monofazate, cu conductor din aluminiu, presiune de ulei şi manta ondulată de aluminiu, tip Pirelli (Italia).
IT (C)-3-81	Instrucţiuni tehnologice privind executarea accesoriilor la cablurile de 110 kV trifazate cu ulei sub presiune, conductor de cupru şi manta ondulată de aluminiu, tip Pirelli (Italia).
IT (C)-4-81	Instrucţiuni tehnologice pentru executarea accesoriilor la cablurile de 110 kV, tip AEG — R.F.G., cu ulei sub presiune şi manta dreaptă de *AL*.
IT (C)-5-82	Instrucţiuni tehnologice pentru montarea cablurilor de 110 kV, cu izolaţie tip XLPE, fabricaţie NOKIA (Finlanda).
IT (C)-6-82	Instrucţiuni tehnologice pentru montarea accesoriilor la cablurile de 110 kV tip NOKIA (Finlanda).
IT (C)-7-82	Instrucţiuni tehnologice privind executarea accesoriilor la cablurile monofazate de 110 kV cu ulei sub presiune, cu conductor de Al tip SUMITOMO (Japonia).
IT (C)-8-82	Instrucţiuni tehnologice privind executarea manşoanelor de stopare pe cablu de 110 kV cu conductor şi manta de aluminiu tip SUMITOMO.
IT (C)-9-82	Instrucţiuni tehnologice privind executarea manşoanelor pe cablu monofazat de 20 kV tip A2YSV folosindu-se benzi adezive tip TCI, dispozitiv pentru îndepărtarea stratului semiconductor nedecojibil şi presare în matriţă închisă.
IT (C)-10-83	Instrucţiune tehnologică pentru executarea accesoriilor la cablurile monofazate de 110 kV tip BICC (Anglia).
IT (C)-11-83	Instrucţiuni tehnologice pentru executarea accesoriilor la cablurile trifazate de 110 kV tip BICC (Anglia).
IT (C)-12-83	Instrucţiuni tehnologice pentru montarea accesoriilor la cablurile de 110 kV cu izolaţie din EPR (EPM) cu conductor din Al 800 mm² tip Pirelli (Italia).
IT (C)-13-84	Instrucţiuni tehnologice pentru montarea cablurilor de 110 kV tip KWO — R.D.G. cu presiune de ulei, conductoare de Al şi manta de Pb şi a accesoriilor aferente.
IT (C)-14-84	Instrucţiuni tehnologice pentru utilizarea degazeificatorului de ulei la cablurile de 110 kV cu ulei sub presiune.
IT (C)-15-85	Instrucţiuni tehnologice privind executarea accesoriilor pe cabluri de 110 kV cu izolaţie din PER, conductor de Al de 300 mm² tip Pirelli.
IT (C)-18-85	Instrucţiuni tehnologice privind executarea manşoanelor de stopare pe cablu de 110 kV tip BICC (Anglia).